

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année 1965 - N° 136

**ETUDE ANALYTIQUE DES EAUX DE RIVIÈRE
DE LA RÉGION RHONE-ALPES**

Composition - Pollution

Travail du Service d'Hygiène Appliquée - Institut Pasteur de Lyon

THÈSE

présentée

A LA FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 22 Octobre 1965

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

PAR

Chantal HERGUEZ

née le 2 Juin 1936 à LOUHANS (Saône-et-Loire)



LYON

1965

ETUDE ANALYTIQUE DES EAUX DE RIVIÈRE DE LA RÉGION RHONE-ALPES

Composition - Pollution

Travail du Service d'Hygiène Appliquée - Institut Pasteur de Lyon

THÈSE

présentée

A LA FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 22 Octobre 1965

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

PAR

Chantal HERGUEZ

née le 2 Juin 1936 à LOUHANS (Saône-et-Loire)



LYON

1965

PERSONNEL DE LA FACULTE

DOYENS HONORAIRES : M. J. LÉPINE — Membre de l'Institut.

M. H. HERMANN — Correspondant de l'Institut.

DOYEN : M. J.F. CIER

ASSESSEURS : MM. M. LEVRAT
L. REVOL

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. PATEL, LÉPINE, TRILLAT, MOURIQUAND, GARIN, GATÉ, MARTIN, GABRIELLE, SANTY, DUCLOS,
GUILLEMINET, HERMANN, ROCHET, POLLOSSON.

PROFESSEURS

MM. CIBERT.....	Clinique Urologique
PONTHUS (détaché à Beyrouth)...	Physique biologique
DECHAUME.....	Clinique Neuro-psychiatrique et d'Hygiène mentale
CHAMBON.....	Chimie organique et toxicologie
WERTHEIMER.....	Clinique chirurgicale B
PAUPERT-RAVAULT.....	Clinique médicale B
FROMENT.....	Clinique et prophylaxie cardio-vasculaires
CROIZAT.....	Clinique médicale C
MALLET-GUY.....	Clinique chirurgicale A
REVOL.....	Pharmacie galénique
PIGEAUD.....	Clinique obstétricale
BOURRET.....	Médecine du travail
LEVRAT.....	Clinique médicale A
SOHIER.....	Hygiène et action sanitaire et sociale
NETIEN.....	Botanique et cryptogamie
BERTRAND.....	Clinique chirurgicale C
BADINAND.....	Chimie analytique pharmaceutique
DREVON.....	Pharmacie chimique et pharmacologie
ROCHE.....	Médecine légale et déontologie
COUDERT.....	Parasitologie et pathologie exotique
MOUNIER-KUHN.....	Clinique d'oto-rhino-laryngologie et d'audio-phonologie

MM. PAUFIQUE.....	Clinique ophtalmologique
THIERS.....	Clinique de dermatologie, syphiligraphie et allergologie
BRUN.....	Clinique de pneumo-phthisiologie
CREYSSEL.....	Clinique chirurgicale orthopédique et traumatologique
DARGENT.....	Clinique carcinologique
GUICHARD.....	Anatomie pathologique
GIRARD Paul.....	Pathologie générale et expérimentale
LATARJET.....	Anatomie
PEYCELON.....	Pathologie chirurgicale
GIRARD Marcel.....	Clinique médicale D
VACHON.....	Pathologie médicale
GALY.....	Physio-pathologie des voies respiratoires
PAPILLON.....	Radiologie
JEUNE.....	Clinique médicale infantile et Hygiène du 1 ^{er} âge
GONIN.....	Thérapeutique
MONNET.....	Bactériologie
BANSSILLON.....	Physiologie et pathologie obstétricales
CHATONNET.....	Physiologie B
GUINET.....	Clinique endocrinologique
TRILLAT.....	Clinique de chirurgie orthopédique
FREIDEL.....	Clinique stomatologique
MARION Joseph.....	Clinique de chirurgie et d'orthopédie infantiles
DORCHE.....	Matière médicale et législation pharmaceutique
DUMONT Louis.....	Histologie et embryologie
PERROT.....	Chimie
CIER J.F.....	Physiologie A
PERRIN J.....	Thérapeutique chirurgicale et chirurgie opératoire
MICHAUD Pierre.....	Clinique de chirurgie cardiaque
MATHIEU.....	Clinique gynécologique
FAUCON.....	Biologie médicale et pharmacodynamie
BERTOYE.....	Clinique des maladies infectieuses
X.....	Hydrologie thérapeutique, climatologie et écologie sociale
X.....	Chimie biologique et médicale
X.....	Clinique médicale infantile

PROFESSEURS A TITRE PERSONNEL

MM. BERGER.....	Physique nucléaire appliquée à la médecine
MANSUY.....	Neuro-chirurgie
COLLET.....	Chimie générale et pharmaceutique
LACROIX.....	Hygiène et climatologie
LIARAS.....	Clinique chirurgicale propédeutique
LECUIRE.....	Neuro-chirurgie
REVOL.....	Médecine générale
GOINARD.....	Thérapeutique chirurgicale
CIER André.....	Pharmacie chimique et Pharmacologie
PONT Maurice.....	Médecine générale
TRAEGER.....	Pathologie métabolique et rénale

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. ROMAN.....	Parasitologie
FEROLDI.....	Anatomie pathologique
MORET.....	Physique biologique
ODDOUX.....	Botanique et cryptogamie
de SOLLIERS.....	Chimie analytique
DESPIERRES.....	Médecine générale
GARIN.....	Parasitologie
TOLOT.....	Médecine du travail
THIVOLET.....	Hygiène

MAITRES DE CONFERENCES AGREGES TITULAIRES

MM. CREYSSEL Roger.....	Chimie biologique
PINET.....	Electro-radiologie
GUYOTAT.....	Neuro-psychiatrie
DESCOTES.....	Chirurgie générale
JOUVET.....	Pathologie expérimentale
PEYRIN.....	Physique biologique
TOMMASI.....	Anatomie pathologique
BUFFARD.....	Electro-radiologie
LEJEUNE.....	Médecine générale et thérapeutique
de MOURGUES F.....	Stomatologie
NAUSSAC.....	Maladies infectieuses
REBOUILLAT.....	Chirurgie générale
ROMAGNY.....	Pédiatrie
DELAHAYE.....	Médecine générale
DELEUZE.....	Anesthésiologie
GIRAUD.....	Electro-radiologie diagnostic et thérapeutique
MICHEL.....	Anesthésiologie
FRANÇOIS.....	Pédiatrie et puériculture
MICHOULIER.....	Chirurgie générale
COLOMB.....	Dermatologie
LAMBERT.....	Médecine générale
FRIES.....	Médecine générale
GILLY.....	Pédiatrie
ROBERT.....	Médecine générale
BOUCHET.....	Anatomie
BÉTHENOD.....	Pédiatrie
GERMAIN.....	Immunologie, sérologie, hématologie
KALB.....	Pneumo-phtisiologie
LARBRE.....	Pédiatrie
SOUSTELLE.....	Chirurgie générale
VIALA.....	Médecine générale
VINCENT.....	Bactériologie, parasitologie, virologie
COLIN.....	Médecine légale
BERTRAND.....	Chimie biologique

MAITRES DE CONFERENCES AGREGES STAGIAIRES

MM. FAVRE-GILLY.....	Hématologie
GIROD.....	Histologie et embryologie
GRAS.....	Chimie biologique
MALLEIN.....	Chimie analytique
RIFFAT.....	Hygiène
FLANDROIS.....	Physiologie
VIALIER-RAYNARD.....	Bactériologie
ROLLET.....	Pharmacie galénique

AGREGES EN EXERCICE

MM. MARION Pierre.....	Chirurgie générale
BONAMOUR.....	Ophthalmologie
de MOURGUES Georges.....	Chirurgie générale
DEVIC.....	Médecine générale
DUMONT Martial.....	Obstétrique
DURAND.....	Urologie
FRANCILLON.....	Chirurgie générale
SAUBIER.....	Chirurgie générale
SCHOTT.....	Neuro-psychiatrie
ALLÈGRE.....	Neuro-chirurgie
CHASSARD.....	Electro-radiologie
FAYSSE.....	Orthopédie
GAILLARD.....	Oto-rhino-laryngologie
GARDE.....	Médecine générale
HUGONNIER.....	Ophthalmologie
MARET.....	Chirurgie générale
MORNEX.....	Médecine générale
NORMAND.....	Médecine générale
PERRIN André.....	Médecine générale
DUMAS.....	Stomatologie
GARMIER.....	Obstétrique
NOËL.....	Médecine générale
SCHNEPP.....	Orthopédie
MOUNIER-KUHN Alain.....	Chirurgie générale
NOTTER.....	Gynécologie obstétricale

EXAMINATEURS DE LA THESE

PRESIDENT : M. LE PROFESSEUR CROIZAT.

ASSESSEURS : MM. SOHIER, MONNET, BERTOYE.

A MES PARENTS

A TOUS LES MIENS

A MES AMIS

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur P. CROIZAT

Professeur de Clinique Médicale
Directeur de l'Institut Pasteur de Lyon

Nous lui sommes reconnaissante de l'honneur qu'il nous a fait en nous accueillant à l'Institut Pasteur de Lyon et en acceptant la présidence du Jury de cette thèse.

Qu'il trouve ici l'expression de notre profond respect.

A NOS JUGES

Monsieur le Professeur R. SOHIER

Professeur d'Hygiène et d'Action Sanitaire et Sociale
Biologiste des Hôpitaux

Monsieur le Professeur P. MONNET

Professeur de Bactériologie
Médecin des Hôpitaux

Monsieur le Professeur A. BERTOYE

Professeur de Clinique des Maladies Infectieuses
Sous-Directeur de l'Institut Pasteur de Lyon

Nous les remercions d'avoir accepté de juger ce travail et nous leur exprimons le témoignage de notre gratitude.

Au Docteur J. VIAL

Nous lui sommes reconnaissante de nous avoir proposé le sujet de ce travail, de nous avoir patiemment aidée et conseillée au cours de sa rédaction. Qu'il en soit sincèrement remercié.

Nous remercions vivement ceux qui, au Service d'Hygiène Appliquée, ont largement contribué à sa réalisation. Par leur participation active et sûre, leur gentillesse dans leur aide, ce travail est devenu un peu leur œuvre.

Le Docteur L. COIN nous a accueillie avec beaucoup de bienveillance dans son laboratoire. Nous avons largement fait appel à ses travaux et à son expérience. Nous le remercions vivement ainsi que ses collaborateurs du Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, avec qui nous avons pu étudier quelques points de technique analytique.

Au cours de ce travail, nous avons été en contact permanent avec le Comité Technique de l'Eau de la zone de coordination Rhône II. M. BIGOT, Secrétaire Général de ce Comité en 1964, ainsi que M. MOUSSET, son successeur, et leur collaborateur, M. GRASSET, ont toujours su animer d'un esprit amical nos entrevues. Grâce à eux, la poursuite de nos travaux a été grandement facilitée : nous leur en sommes reconnaissante.

Nous avons trouvé auprès des différentes administrations la plus grande compréhension. Nous remercions en particulier M. BANCEL, Directeur Départemental de la Construction de Saint-Etienne, et son collaborateur, M. DUFAY ; M. DUSSART, Ingénieur des Ponts et Chaussées de l'Arrondissement de Roanne, ainsi que M. CHATELUT ; M. BILLUARD, Ingénieur de la 6^{ème} Circonscription Electrique ; M. DIDIER, chargé de l'Equipement Hydrologique de Saint-Etienne.

Nous ne pouvons citer les noms de tous ceux qui, à titres divers, ont contribué à ce travail ; nous les remercions de cette collaboration qui fut toujours efficace.

INTRODUCTION

L'expansion démographique, le développement économique et industriel, rapides ces dernières années dans de nombreux pays, posent avec acuité le problème de la pollution des eaux.

Du fait de la situation hydrographique et économique de la France, ce problème n'a été soulevé que récemment par les organismes administratifs. Cependant, l'exemple de pays voisins, la dégradation de la qualité des eaux de surface dans certaines régions, telles la région parisienne et celle du nord de la France, ont suscité un plan d'organisation pour une lutte contre la pollution des eaux de surface ; la loi du 16 décembre 1964 relative au "régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre la pollution" en est l'expression. Cette loi préconise l'établissement d'inventaires qualitatifs des eaux de surface.

Déjà, avant sa parution, quelques travaux avaient été publiés :

- Fin 1963, un "Atlas de la pollution des eaux en France métropolitaine" était établi sous les directives du "Commissariat Général du Plan d'Equiperment et de la Productivité". Dans cet ouvrage, le Docteur Louis COIN expose, sous forme de tableaux, les principales sources de pollution urbaine et industrielle. Une situation qualitative de nos cours d'eau est tracée à partir de renseignements statistiques. Cet auteur exprime, en outre, le souhait de voir ces données confirmées par des études locales et analytiques.

- En juillet 1964, sous l'égide du Comité Technique de l'eau de la région Rhône II, était publié un rapport du Service de la Navigation Rhône-Saône, intitulé "Problèmes de l'eau dans la région Rhône II". C'est un travail théorique établi à partir de bases statistiques et dont une partie est réservée à l'étude de la pollution.

Fin 1963, l'Institut Pasteur de Lyon avait envisagé de procéder durant l'année 1964 à des analyses en série des rivières de la région Rhône-Alpes, complétant des études entreprises pour quelques administrations. Les résultats sont présentés dans ce travail ; ils sont discutés au cours de notre exposé, comparés aux prévisions du rapport établi par le Service de Navigation Rhône-Saône. Bien qu'envisagée sur un plan régional et non national, cette étude est trop vaste pour permettre un examen détaillé de tous les cours d'eau. Elle doit être considérée comme un point de départ destiné à être complété par des enquêtes locales. Son but est essentiellement l'inventaire quantitatif et qualitatif de nos ressources actuelles en eaux de surface, en vue de permettre l'orientation du développement des futures zones urbaines et industrielles.

PREMIERE PARTIE

ETUDE DES CRITERES EXPRIMANT LA QUALITE DES EAUX DE RIVIERES ET CONDUITE GENERALE DE NOTRE EXPERIMENTATION

PREMIERE PARTIE

Dans cette première partie, sont examinés les différents critères exprimant la qualité des eaux de rivière.

Un premier chapitre est consacré aux textes officiels et documents bibliographiques.

Un deuxième chapitre étudie, pour chaque critère choisi, les méthodes de détermination et la signification des résultats obtenus.

Nous examinerons ainsi :

- 1) - Les critères qui décèlent le pouvoir d'oxygénation et l'importance de la pollution organique.
- 2) - Les critères physiques.
- 3) - Les critères chimiques, qui se rapportent aux éléments généralement constants dans les cours d'eau.
- 4) - Les critères chimiques, qui correspondent à des éléments rarement rencontrés à l'état normal dans des cours d'eau ; ils constituent, pour la plupart, les éléments dits toxiques ou indésirables.
- 5) - Les critères bactériologiques.

Un troisième chapitre étudie les critères non retenus dans cette étude.

Un quatrième chapitre traite du mode de prélèvement et de réalisation des analyses.

PREMIER CHAPITRE

Notre travail est motivé par l'importance croissante de la pollution des rivières françaises. Une définition de la pollution adoptée à une conférence d'experts européens à Genève, en mars 1961, est citée par R. COLAS (21) : " Un cours d'eau est considéré comme étant pollué lorsque la composition ou l'état de ses eaux sont directement ou indirectement modifiés du fait de l'activité de l'homme dans une mesure telle que celles-ci se prêtent moins facilement à toutes les utilisations auxquelles elles pourraient servir en leur état naturel ou à certaines d'entre-elles". Elle permet de dégager deux notions essentielles :

- la première est la notion d'*aptitude* d'une eau à un ou plusieurs usages déterminés ;
- la deuxième est la notion de *modification* de l'état initial de l'eau par une pollution.

Les critères d'étude d'une eau devront donc être choisis suivant qu'ils nous permettent, d'une part de déterminer les diverses aptitudes de cette eau, d'autre part de déceler les principales modifications qu'elle a pu subir du fait de la pollution.

Cette conception se retrouve d'ailleurs dans la récente loi française du 16/12/1964 (18) relative au "régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre la pollution", comme on peut le constater dans la lecture des deux articles suivants :

Article 1er. - Les dispositions du présent titre ont pour objet la lutte contre la pollution des eaux et leur régénération, dans le but de satisfaire ou de concilier les exigences :

- de l'alimentation en eau potable des populations et de la santé publique ;
- de l'agriculture, de l'industrie, des transports et de toutes autres activités humaines d'intérêt général ;
- de la vie biologique du milieu récepteur et spécialement de la faune piscicole ainsi que des loisirs, des sports nautiques et de la protection des sites ;
- de la conservation et de l'écoulement des eaux.

Elles s'appliquent aux déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et, plus généralement, à tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse d'eaux superficielles, souterraines, ou des eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales.

Article 3. - Dans un délai de deux ans après la promulgation de la loi, les eaux superficielles : cours d'eau, canaux, lacs et étangs appartenant ou non au domaine public, feront l'objet d'un inventaire établissant leur degré de pollution.

Des fiches seront établies pour chacune de ces eaux d'après des critères physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques, pour déterminer l'état de chacune d'elles ; ces fiches serviront de base à l'inventaire des eaux superficielles.

Ces documents feront l'objet d'une revision périodique générale et d'une revision immédiate chaque fois qu'un changement exceptionnel ou imprévu affectera l'état de la rivière.

Un décret en conseil d'Etat définira la procédure d'établissement de ces documents et de l'inventaire général ; il sera pris après consultation obligatoire du comité national de l'eau.

Des décrets fixeront, d'une part les spécifications techniques et les critères physiques, biologiques et bactériologiques auxquels les cours d'eau, sections de cours d'eau, canaux, lacs ou étangs devront répondre, notamment pour les prises d'eau assurant l'alimentation des populations et, d'autre part, le délai dans lequel la qualité de chaque milieu récepteur devra être améliorée pour satisfaire ou concilier les intérêts définis à l'article 1er ci-dessus.

Des décrets d'applications permettront de fixer ces critères qui serviront à dresser l'inventaire prévu à l'article 3.

L'enquête que nous exposons dans ce travail peut être assimilée à une de ces opérations d'inventaire. Mais au début de sa mise en œuvre, en janvier 1964, ni les textes législatifs actuels, ni les décrets prévus n'existaient ; nous avons dû choisir nous-mêmes les critères susceptibles d'être retenus.

Quels sont les documents et éléments qui nous ont permis d'exercer ce choix ? Nous pensons pouvoir étudier, d'une part certains textes officiels français ou certaines propositions de textes français et, d'autre part, certaines réglementations étrangères.

A) - CRITERES RETENUS OU PROPOSES EN FRANCE -

1° - CRITERES IMPOSES DANS LES TEXTES REGLEMENTAIRES REGISSANT LES EFFLUENTS DOMESTIQUES OU INDUSTRIELS.-

Deux textes régissent, d'une part la qualité des rejets des stations d'épurations d'eau d'égouts urbains (Instruction Ministérielle du 12 mai 1950 - J.O. du 18 mai 1950), d'autre part la qualité des effluents industriels (Instruction Ministérielle du 6 juin 1953 - J.O. du 20 juin 1953).

Ces égouts urbains et ces effluents industriels vont être rejetés dans les rivières. Les examens imposés pour juger de l'importance de la pollution de ces effluents pourront être repris, pour apprécier son influence dans le milieu récepteur.

a) - Le texte, du 12 mars 1950 sur les rejets de station d'épuration, contient comme critères précis :

- la demande biologique d'oxygène en 5 jours (qui doit être inférieure à 40 mg d'O₂/l ;
 - le taux de matières en suspension (qui doit être inférieur à 30 mg/l ;
 - le test de putrescibilité au bleu de méthylène qui doit être négatif ;
- et la notion, plus vague, "d'absence de substances nuisibles aux poissons et au bétail qui s'y abreuveraient".

b) - Le texte du 6 juin 1953 sur les effluents industriels retient comme critères précis :

- la demande biologique d'oxygène en 5 jours ;
- le taux des matières en suspension ;
- l'azote total ;
- le pH (qui doit être compris entre 5,5 et 8,5 normalement) ;
- la température (qui doit être inférieure à 30°) ;
- les composés phénoliques.

Remarque : Pour les trois premiers critères, les tolérances du déversement varient en fonction, d'une part de *son rejet* dans le milieu récepteur directement ou par l'intermédiaire d'une station d'épuration, d'autre part de *son débit* par rapport à celui du milieu récepteur.

Outre ces critères précis, le texte proscriit la présence de matières flottantes déposables, précipitables, de gaz et vapeur toxiques inflammables, de substances de nature à favoriser les manifestations d'odeur, de saveur, ou de coloration anormale dans les eaux naturelles lorsqu'elles sont utilisées en vue de l'alimentation humaine.

2° - CRITERES IMPOSES DANS LES TEXTES REGLEMENTAIRES, OU PROPOSES EN FONCTION DE L'APTITUDE DE L'EAU A CERTAINES UTILISATIONS.-

a) - Il est une utilisation sur laquelle la plupart des textes (Instruction ministérielle du 6 juin 1953 - Loi du 16/12/1964) insistent : c'est l'alimentation humaine.

Pour qu'une eau naturelle soit apte à une utilisation alimentaire, elle doit pouvoir présenter directement, ou après transformation, un certain nombre de qualités répondant aux normes imposées pour les eaux de boisson.

Or la législation des eaux de boisson est extrêmement stricte. Le texte essentiel en est l'ordonnance n° 58.1265 du 20 décembre 1958, précisée et complétée par de nombreux textes (décrets, arrêtés, circulaires) rassemblés dans un fascicule spécial du J.O. (17).

Sans reprendre tous ces textes, rappelons simplement que l'eau d'une distribution publique :

- 1) Ne doit pas contenir d'organismes parasites ou pathogènes.
- 2) Ne doit pas contenir de germes bactériens témoignant notamment d'une contamination fécale (en particulier *Escherichia coli* et *Streptocoques fécaux*).
- 3) Doit présenter certains caractères physico-chimiques qui tendent à la rendre d'aspect ou de consommation agréable :
 - absence d'odeur et de saveur désagréable ;
 - coloration ne dépassant pas 20 unités (échelle colorimétrique au platino-cobalt) ;
 - turbidité ne dépassant pas 15 gouttes ou exceptionnellement 30 gouttes (solution alcoolique de gomme mastic au 1/1000) ;
 - absence d'éléments en suspension donnant un pouvoir colmatant supérieur à 0,1, d'algues et autres éléments figurés.

4) Ne doit pas présenter d'indices chimiques de pollution ni de concentrations en substances toxiques ou indésirables supérieures à des taux fixés pour chacune d'entre-elles :

- Plomb (Pb)	< 0,100 mg/l.
- Selenium (Se)	< 0,050 mg/l.
- Fluorures (F)	< 1,000 mg/l.
- Arsenic (As)	< 0,050 mg/l.
- Chrome Hexavalent (Cr)	(doses inférieures au seuil de
- Cyanures (Cy)	(détermination analytique.
- Cuivre (Cu)	< 1,000 mg/l.
- Fer (Fe)	< 0,200 mg/l.
- Manganèse (Mn)	< 0,100 mg/l.
- Zinc (Zn)	< 5,000 mg/l.
- Composés phénoliques (Ph)	Néant

5) Ne doit pas présenter une minéralisation dépassant 2 mg par litre.

6) Ne devrait, de préférence, ne pas contenir certains éléments au-delà d'une certaine concentration :

- Nitrates	au-delà de 44 mg/l.
- Chlorures	au-delà de 250 mg/l.
- Sulfates	au-delà de 250 mg/l.
- Magnésium	au-delà de 125 mg/l.
- Dureté totale	au-delà de 30 degrés français.

La plupart de ces critères devraient donc être repris dans l'étude d'une eau naturelle, notamment de rivière destinée à être distribuée publiquement. Cela ne veut pas dire que, pour chacun d'eux, on devra exiger la norme de l'eau de boisson : il est assez facile de détruire, par des procédés physiques ou chimiques, les bactéries d'une eau ; il est assez facile par des moyens physiques d'éliminer les algues, éléments figurés et matières en suspension contenus dans toute rivière ; il est beaucoup plus difficile de débarasser une eau des éléments minéraux en solution.

Lorsqu'on ne prélève pas l'eau directement dans la rivière mais dans la nappe phréatique correspondante, les éléments figurés sont le plus souvent filtrés et ne parviennent pas aux puits de forage ; par contre, les éléments minéraux ne sont généralement pas arrêtés par cette filtration. Dans le cas d'une salinité trop élevée, ils peuvent rendre l'eau impropre à la consommation.

b) - Il n'est pas défini d'exigences aussi strictes pour les autres utilisations possibles de l'eau, mais il est bien certain qu'en pratique toute utilisation exige des qualités définies.

L. COIN propose une série d'aptitudes possibles des eaux de rivières en fonction de leurs qualités. Ce sont les suivantes :

- 1) Alimentation humaine et abreuvement des animaux.
- 2) Divertissements, bassins et piscines, baignades en eau vive.
- 3) Exercice de la pêche. Salmonides dominant ou cyprinides.
- 4) Ostréiculture : naissin et parc ou naissin seulement.
- 5) Usages agricoles et industriels.

Quels sont les critères retenus pour qualifier une pollution de faible ou nulle, non importante, importante, très importante, et en déduire les aptitudes correspondantes ?

L. COIN retient des "critères déterminants" :

- la température ;
- le pH ;
- la saturation en oxygène ;
- la demande biochimique en oxygène (D.B.O.51 ;
- les éléments dits toxiques ou indésirables désignés par la législation des eaux d'alimentation ;
- les tests biologiques, le système des saprobies, la numération des coliformes.

Il retient également des "critères non déterminants" pouvant donner lieu à des dérogations limitées dans le temps :

- la teneur en matières en suspension ;
- la salinité rapportée aux chlorures (en Cl) ;
- la résistivité ;
- la capacité d'absorption du sodium⁽¹⁾.

c) - Les recommandations pour les Comités Techniques, du Commissariat Général du Plan d'Equipeement et de Productivité proposent pour l'inventaire de pollution la recherche des critères suivants :

- température ;
- résistivité ;
- pH ;
- matières en suspension totales (et dans les eaux très polluées, matières décantables) ;
- oxygène dissous ;
- D.B.O.5 ;
- phénols et composés hydroxylés ;
- sels ammoniacaux ;

un examen biologique sommaire des micro-organismes et, à intervalles plus espacés, un examen biologique intégrateur.

B) - CRITERES UTILISES A L'ETRANGER -

Il n'est pas dans notre intention de donner le détail des législations étrangères et des critères retenus, mais simplement, par quelques exemples, de dégager les idées générales.

- En Belgique, un arrêté royal du 29/12/1953 répartit les eaux de surface en trois classes :

- classe 1 - eaux utilisées ou destinées à être utilisées pour l'alimentation du pays en eau potable ;

(1) - Propositions résumées dans un tableau : appendice B.

- classe 2 = eaux utilisées pour la pêche ou l'abreuvement des animaux ;
- classe 3 = eaux utilisées en ordre principal pour satisfaire les besoins en eau de l'industrie.

Les critères de pollution correspondant au classement des rivières sont les suivants :

- température maximum (8,7 à 6,5 pour les 3 classes) ;
- oxygène dissous minimum (70 à 90 % de saturation pour classe 1 et 2 ; 3 mg/l pour classe 3) ;
- pH maximum et minimum (8,7 à 6,5 pour les 3 classes) ;
- matières en suspension, en excès des conditions naturelles ; au maximum (60 mg/l pour classe 1 et 2 ; 100 mg/l pour classe 3) ;
- D.B.O., 2 jours à 20° maxima (4 mg/l pour classe 1).

Les rejets d'eaux usées sont réglementés en fonction du milieu récepteur où ils se déversent.

Un arrêté royal de janvier 1964, étudié dans "Eau et Industrie" (6), précise notamment les conditions de ces déversements, mais ne modifie pas le principe général de cette législation.

- *En Angleterre*, la législation est beaucoup plus souple. La "Water resources Act" du 30/7/1963 remplace les bien connus "River Boards" par les "River Authorities", qui conservent d'ailleurs pratiquement les mêmes attributions. Une trentaine de "River Authorities" exercent leur activité sur l'ensemble du territoire anglais réparti en zones, constituées par bassins ou groupes de bassins de rivières. En particulier, ils autorisent et contrôlent les déversements en rivière et dans les nappes souterraines.

Il n'y a pas de catégories officielles de rivières comme en Belgique, mais les "River Authorities" ont pour rôle de fixer les normes de pollution des effluents en fonction de l'état de pollution et de la destination des cours d'eau.

L'examen des travaux publiés par les "River Boards" permet de constater que les critères les plus fréquemment recherchés sont :

- la demande biochimique d'oxygène en 5 jours ;
- le pourcentage de saturation en oxygène dissous ;
- l'oxydabilité au permanganate en 4 heures ;
- le test de stabilité au bleu de méthylène en 5 jours ;
- le pH ;
- le taux de matières en suspension et de matières en solution ;
- la teneur en azote ammoniacal, nitreux, nitrique et albuminoïde, et la teneur en chlorures.

- *Dans la République démocratique allemande*, les rivières sont classées en 4 catégories correspondant à une pollution faible, nette, forte ou très forte. Les critères retenus sont :

- la teneur en oxygène dissous ;
- la demande biochimique d'oxygène en 5 jours (les limites pour les 3 premières classes étant respectivement de 3, 6 et 12 mg d'O₂ par litre) ;
- le nombre d'*Escherichia coli* ;

- l'état biologique (de l'oligosaprobie pour la 1^{ère} classe, jusqu'à la polysaprobie pour la dernière) ;
- la teneur en éléments minéraux principaux (chlorure, sulfate, dureté) ;
- le pH ;
- l'ammoniaque ;
- les nitrates ;
- le fer ;
- les phénols.

- Nous ne disons rien de la *République fédérale allemande* où la législation n'est encore, à notre connaissance, qu'au stade général de loi-cadre ; les règlements varient d'un Landers à l'autre.

- De même aux *Etats-Unis d'Amérique*, la législation varie selon les Etats. D'une façon générale, il semble que des classifications de rivières en vue d'utilisations définies soient très souvent adoptées. Les critères retenus pour ces classifications sont analogues à ceux que nous avons signalés en France et dans les pays voisins. Il convient toutefois d'y ajouter la détermination des substances organiques solubles dans les solvants organiques, critères systématiquement pratiqués sur certains cours d'eau.

Nous avons pu constater que les critères retenus comme éléments de classification de rivières, ou simplement comme témoins d'un certain état, ne varient guère d'un pays à l'autre. La demande biochimique d'oxygène en 5 jours (ou en 2 jours), la détermination de l'oxygène dissous, le taux de matières en suspension, le pH, sont les plus fréquemment utilisés. Parfois, s'y ajoutent des déterminations d'éléments minéraux, des recherches bactériologiques ou biologiques.

Il nous reste à sélectionner, parmi ces critères fréquemment proposés, ceux que nous sommes susceptibles de retenir dans notre enquête et ceux que nous devons rejeter. Ce choix, ainsi que ses raisons, seront l'objet des deux chapitres suivants.

DEUXIEME CHAPITRE

Ce chapitre étudie les critères de base, retenus dans notre étude, nous permettant de connaître les caractères physiques et chimiques de nos rivières, de déceler et de noter l'évolution d'une pollution.

I - Critères décelant le pouvoir d'oxygénation d'une rivière et l'importance de la pollution organique.

- 1° - Pourcentage et quantité d'oxygène dissous.
- 2° - Demande biochimique en oxygène.
- 3° - Oxydabilité au permanganate de potasse.

II - Critères physiques.

- 1° - Température.
- 2° - pH.
- 3° - Matières en suspension.
- 4° - Résistivité.

III - Critères chimiques : éléments constitutants d'une eau.

- 1° - Dureté de l'eau (calcium, magnésium).
- 2° - Titre alcalimétrique complet.
- 3° - Chlorure.
- 4° - Sulfate.
- 5° - Sodium et potassium
- 6° - Nitrate, nitrite, ammonium.

IV - Critères chimiques : éléments "indésirables" ou "toxiques".

- 1° - Eléments indésirables : fer, manganèse, cuivre, zinc, composés phénoliques.
- 2° - Eléments toxiques : selenium, fluor, arsenic, chrome hexavalent, cyanures.
- 3° - Eléments assimilés aux éléments indésirables ou toxiques : chlore libre, hydrogène sulfuré, détergents anioniques.

V - Critères bactériologiques.

I - CRITERES SE RAPPORTANT A L'OXYGENE :
MESURE DE LA QUANTITE D'OXYGENE DISSOUS DANS UNE EAU,
DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE,
OXYDABILITE AU PERMANGANATE.

Une analyse chimique d'une eau de rivière ne représente qu'une partie de son étude, car elle n'a qu'une valeur instantanée. Il faudrait la compléter par un examen biologique du milieu récepteur, c'est-à-dire l'étude de la présence d'une flore et faune. Celles-ci reflètent une vie aquatique possible correspondant à l'état minéral ou organique du milieu.

Ces tests biologiques n'ont pu être réalisés pour cette étude : cependant, nous savons que toute vie aquatique exige pour ses besoins respiratoires un taux d'oxygène dissous en quantité suffisante.

Une de nos premières recherches sera la quantité d'oxygène dissous ainsi que le pourcentage d'oxygène par rapport à une eau saturée.

Or, nous avons déjà mentionné ceci : nos rivières sont amenées à recevoir des effluents domestiques ou industriels, donc une quantité souvent importante de matières organiques : éléments de pollution. Celles-ci, grâce aux germes bactériens, seront dégradées en éléments simples. Cette dégradation s'effectue par une série de réactions d'oxydo-réduction, entraînant une consommation d'oxygène dissous. On note ainsi une diminution de cet élément dans l'eau, exprimant la quantité plus ou moins importante de matières organiques contenues dans un cours d'eau. Cette consommation correspond à la demande biochimique d'oxygène, test de pollution organique couramment utilisé.

1° - MESURE DE LA QUANTITE D'OXYGENE DISSOUS DANS L'EAU -

I. GENERALITES.-

Nous savons que les gaz sont solubles dans les liquides à des taux variables : c'est ainsi que l'oxygène existe à l'état dissous dans l'eau. La teneur en oxygène de l'eau provient, en grande partie, de l'oxygène atmosphérique, puisque les voies d'eau sont surmontées du milieu gazeux atmosphérique. Elle dépend de la pression atmosphérique, de la composition chimique de l'eau, de la température de l'air et surtout de l'eau.

Tout milieu liquide tend continuellement à être saturé en oxygène. Mais cette quantité d'oxygène dissous est soumise à de nombreuses fluctuations qui dépendent, en premier lieu, de la quantité et de la nature des matières organiques et minérales, de la température, de l'activité bactérienne et des phénomènes de photosynthèse, de réaération. Ces derniers tendent à équilibrer le déficit provoqué par toutes les consommations d'oxygène.

Le phénomène de photosynthèse correspond à un dégagement d'oxygène, avec absorption de gaz carbonique, par les plantes aquatiques, sous l'influence

de la lumière. Ce phénomène s'effectue au cours de la journée, surtout si celle-ci est ensoleillée ou lumineuse, mais il est nul la nuit. Il explique une sur-saturation de certaines rivières peu polluées.

Parmi les possibilités de réaération d'une rivière interviennent le caractère du cours d'eau, sa profondeur, son volume, son débit, la rapidité du courant, la présence ou non de barrages, l'étalement à la surface de détergents, d'hydrocarbures, de matières dissoutes.

Le taux d'oxygène dissous exprime la présence ou non d'une pollution organique qui entrave l'oxygénation d'un milieu liquide. Une chute de ce taux, le long d'une rivière, signifie l'apport d'un effluent ou d'une pollution quelconque en un point amont.

II. MESURE DE LA QUANTITE D'OXYGENE DISSOUS DANS UN LIQUIDE.-

A) - Elle peut se faire par des PROCÉDÉS CHIMIQUES.

La méthode préconisée par WINKLER est couramment employée et sert de référence.

Le Journal Officiel du 20 juin 1953 en décrit la technique. Nous la reproduisons ici :

Technique : En milieu alcalin, l'oxygène transforme l'hydrate manganoux fraîchement précipité en hydrate manganique. Lorsque l'on passe en milieu sulfurique, le sulfate manganique formé, instable, réagit sur l'iodure de potassium et libère une quantité d'iode équivalente à la quantité d'oxygène contenue initialement dans le milieu. Quel que soit l'appareillage utilisé pour pratiquer le dosage, on doit opérer à l'abri de l'air. Par exemple, on ajoute 1 cc de chlorure manganoux ou une pastille à 0,5 gramme à 100 cc d'eau à analyser, puis 1 cc de solution alcaline d'iodure de potassium ou une pastille d'iodure de potassium et une pastille de soude, on isole de l'atmosphère et on agite. Il se produit un précipité. Après 10 minutes, on introduit par un artifice propre à chaque appareil, 2 cc d'acide sulfurique au 1/2 ou 1 cc d'acide sulfurique concentré, le précipité se redissout et le liquide prend une teinte jaune. On prélève 50 cc du liquide et on dose l'iode dégagée au cours de l'essai au moyen de la solution d'hyposulfite N/80. On exprime les résultats en mg d'oxygène par litre.

Réactifs nécessaires :

- 1° - Chlorure manganoux, soit sous forme de solution à 10 %, soit sous forme de pastilles à 0,5 gramme.
- 2° - Iodure de potassium, soit sous forme de solution alcaline contenant 10 grammes d'IK additionnés de 33 grammes de soude caustique en solution dans 100 cc d'eau, soit sous forme d'une pastille à 0,5 gramme d'IK et d'une pastille de soude concentrée.
- 3° - Acide sulfurique dilué au 1/2 en volume ou concentré.
- 4° - Solution titrée d'hyposulfite de soude N/80.
- 5° - Solution titrée d'iode N/80.

Cette méthode nous a servi de référence. Elle est utilisable pour toutes les eaux, quelle que soit leur température, comme nous le prouve le tableau n° 1.

Les erreurs sont négligeables, de l'ordre de 3 % environ. Elle est cependant soumise à des interférences. Différentes modifications furent apportées à la méthode de base de WINKLER. Les principales sont :

- la méthode d'ALSTERBERG, à l'azide de sodium, lorsque le taux de nitrites dans les eaux dépasse 0,1 mg/l en azote (N) ;
- la modification de RIDEAL-STEWART, au permanganate de potassium, lorsque le taux de fer ferreux est supérieur à 1 mg/l.

Elles sont décrites dans le "Standard Methods" (2).

TABLEAU 1 : Comparaison de mesures d'oxygène dissous à des températures différentes : 20°, 10°, 4°.

- Eaux de la Ville de Lyon - Méthode de WINKLER -

(TEMPERATURE	DATE DU 1/10/1964		DATE DU 2/10/1964		DATE DU 6/10/1964	
	MOYENNE DE 3 ECHANTILLONS		MOYENNE DE 3 ECHANTILLONS		MOYENNE DE 3 ECHANTILLONS	
(20°	:	6,95	:	6,74	:	7,51
(10°	:	7,04	:	6,95	:	7,54
(4°	:	7,23	:	6,78	:	7,50

- Résultats exprimés en mg/l d'oxygène consommé.

Nous n'avons pas utilisé ces différentes modifications, car les rivières du bassin Rhône-Alpes sont pauvres en nitrites et en fer ferreux.

Au cours de cette étude, la méthode de WINKLER fut très peu employée car elle demande un matériel important et surtout nécessite, pour chaque analyse, une manipulation soigneuse et un temps trop long pour le nombre d'analyses entreprises.

B) - ANALYSEUR BECKMAN.

Nous avons alors envisagé l'emploi de l'analyseur d'oxygène BECKMAN, permettant une mesure rapide de l'oxygène dissous en solution aqueuse.

1° - Description de l'appareil :

Cet appareil comprend un détecteur constitué d'une anode d'argent et d'une cathode en or ; l'ensemble est séparé de l'échantillon à analyser par une membrane de teflon, imperméable à l'eau, perméable aux gaz ; un gel de cellulose à base de chlorure de potassium est interposé entre membrane et électrodes et sert d'électrolyte-support. Lorsqu'une différence de potentiel de 0,8 volt est appliquée entre anode et cathode, l'oxygène qui traverse la membrane est réduit à la cathode en produisant un courant. L'amplitude du courant observée est proportionnelle à la quantité d'oxygène dissous dans le milieu aqueux ou gazeux. Grâce à un amplificateur et un appareil de mesure, l'analyseur permet une évaluation de pressions partielles d'oxygène

2° - Utilisation de l'analyseur :

L'analyseur permet, nous venons de le dire, des mesures de pressions partielles, mais il est plus habituel d'exprimer les résultats en pourcentage d'oxygène dissous dans une eau par rapport à la saturation, ou en parties par millions (ppm) correspondant à des milligrammes par litre d'oxygène dissous, à une *température déterminée*.

Pour comprendre le passage des pressions partielles à l'expression en pourcentage d'oxygène et en milligrammes par litre, il nous faut brièvement rappeler quelques notions :

La pression partielle d'un gaz dissous dans un milieu liquide, saturé à 100 %, est égale à la pression partielle de ce gaz dans le milieu gazeux qui le surmonte ; dans notre cas, le gaz est l'oxygène, le mélange gazeux est l'air atmosphérique ; or, l'air contient environ 21 % d'oxygène ; quelle que soit la pression exercée sur le volume d'air, ce pourcentage ne varie pas et la pression partielle de l'oxygène reste proportionnelle à la pression totale de l'air.

a) Il est donc facile de régler le cadran de l'analyseur en % d'oxygène dissous dans une eau (la pression atmosphérique ne variant pas). Pour cela, nous plaçons les électrodes dans l'air et nous réglons le cadran à 21. Puis nous introduisons les électrodes dans notre milieu liquide. Si celui-ci est saturé à 100 %, l'aiguille du cadran se maintient à 21. S'il n'est pas saturé, l'aiguille se déplace sur le cadran de 0 à 21. Il nous suffit alors de calculer le % correspondant.

b) Une autre expression des résultats correspond aux milligrammes par litre d'oxygène dissous, ou parties par millions. On doit alors tenir compte d'un autre facteur, car si la température de l'eau n'intervient pas dans la mesure des % d'oxygène, ceux-ci correspondent à des taux d'oxygène en milligrammes variant pour chaque température. Il existe une table de références exprimant les correspondances entre température et taux d'oxygène d'une eau à saturation (référence prise dans "Standard Methods", table 19, /1/). En pratique, les électrodes étant dans l'air, le cadran est réglé sur le chiffre correspondant à la saturation de l'eau, à la température de l'eau à analyser. Puis les électrodes sont placées dans l'eau et l'aiguille du cadran indique directement le taux, en mg/l, d'oxygène dissous dans l'eau.

**TABEAU 2 : Comparaison de mesures d'oxygène dissous
à des températures différentes, exprimées en mg/l.**

- Analyseur BECKMAN -

TEMPERATURES	5 ECHANTILLONS					MOYENNE DES MESURES
14°	6,10	6,00	6,10	6,05	6,10	6,07
16°	5,80	5,75	5,85	5,80	5,85	5,81
18°	5,75	5,75	5,70	5,70	5,75	5,73
20°	5,95	6,00	5,90	5,95	5,85	5,93
22°	5,90	5,80	5,80	5,90	5,80	5,84
24°	5,80	6,00	5,75	5,90	5,90	5,87

**TABEAU 3 : Comparaison de mesures d'oxygène dissous
à des températures différentes, exprimées en % d'oxygène dissous**

- Analyseur BECKMAN -

TEMPERATURES	5 ECHANTILLONS					MOYENNE DES MESURES
14°	62 %	62 %	62 %	61,5 %	62 %	62 % = 6,2
16°	62,5 %	64 %	64 %	64,5 %	63 %	63,5 % = 6,07
18°	67 %	66,5 %	66 %	67 %	66,5 %	66,5 % = 6,11
20°	69 %	69 %	68,5 %	68,5 %	68,5 %	68,5 % = 6,08
22°	69 %	70 %	69,5 %	69,5 %	69,5 %	69,5 % = 5,92

- Eau de la Ville de Lyon - Les deux tableaux correspondent à 2 échantillons prélevés à des jours différents.

**TABEAU 4 : Comparaison de mesures d'oxygène dissous
à des températures différentes, exprimées en mg/l.**

- Analyseur BECKMAN -

TEMPERATURES	5 ECHANTILLONS					MOYENNE DES 5 MESURES
4°	7,50	7,60	7,40	7,30	7,20	7,40
6°	7,50	7,60	7,30	7,10	7,00	7,30
8°	7,10	7,25	7,20	7,20	7,15	7,18
10°	6,45	6,50	6,45	6,25	6,25	6,38
12°	6,30	6,30	6,30	6,40	6,40	6,34
20°	6,00	5,90	5,80	5,90	5,80	5,88

**TABEAU 5 : Comparaison de mesures d'oxygène dissous
à des températures différentes, exprimées en % d'oxygène dissous**

- Analyseur BECKMAN -

TEMPERATURES	5 ECHANTILLONS					MOYENNE DES 5 MESURES
4°	56 %	57 %	56 %	57 %	57 %	56,6 % = 7,41
6°	57 %	56 %	57 %	57 %	57 %	56,8 % = 7,12
8°	57,5 %	58 %	57 %	58 %	58 %	57,7 % = 6,86
10°	61 %	59 %	60 %	60 %	60 %	60,0 % = 6,78
12°	61,5 %	62 %	62 %	64 %	63 %	62,5 % = 6,75
20°	66 %	67,5 %	68 %	67,5 %	64 %	66,6 % = 6,12

- Eaux de la Ville de Lyon - Les deux tableaux correspondent à 2 échantillons prélevés à deux jours différents.

3° - Etudes particulières :

L'analyseur nous a permis d'effectuer des mesures rapides et surtout en grand nombre. Cependant, nous avons rencontré certaines difficultés : entre autres, deux problèmes, celui de la température et celui de l'agitation de l'eau.

- La température de l'eau :

L'appareil possède un thermostat, permettant des mesures d'eaux dont les températures varient entre 15° et 45°. Ceci limite son intérêt, car un de nos buts était d'effectuer des mesures sur place et nos rivières ont des eaux dont la température est inférieure à 15° pendant de nombreux mois. De ce fait, il nous faut, pour mesurer une teneur en oxygène, amener les eaux prélevées à des températures adéquates.

Pour vérifier ces données, des séries d'expériences ont été entreprises.

a) - Première série : vérification de l'appareil dans les limites normales d'utilisation :

Une même eau (eau de la Ville de Lyon) a été répartie dans plusieurs récipients, hermétiquement fermés et placés dans des bains-marie de températures différentes : 14°, 16°, 18°, 20°, 24°, en moyenne 5 flacons pour chaque température. Puis le taux d'oxygène a été mesuré avec l'analyseur. Deux expériences différentes sont résumées dans les tableaux n° 2 et n° 3.

Dans le premier de ces tableaux les résultats, obtenus selon la méthode décrite page 19 dans le paragraphe b), sont exprimés en mg/l ; dans le second, ils sont mesurés par la méthode a) et représentent des pourcentages de saturation en oxygène dissous ; en regard du pourcentage moyen, calculé pour chaque série d'expériences, est indiqué la teneur en mg/l établie à partir de ces pourcentages et de la température de l'eau au moment du prélèvement.

La concordance entre les résultats nous paraît acceptable.

b) - Deuxième série : vérification hors des limites normales d'utilisation :

Les mêmes expériences ont été reprises, mais pour des températures inférieures à 15°, avec une série à 20° prise comme référence.

- Dans le tableau n° 4, les résultats sont exprimés en mg/l. Nous notons des écarts assez élevés, de 10 %, lorsque nous comparons les résultats à 12° et 20°, de 20 %, entre 4° et 20°.

- Dans le tableau n° 5, les résultats sont exprimés en % d'oxygène. Les erreurs sont du même ordre.

Il faut noter que, pour ces dernières expériences, l'analyseur se trouvait dans une atmosphère dont la température était différente de celle de l'eau. L'égénéralisation de ces températures permettrait une mesure correcte, d'après le constructeur. Pour des raisons pratiques, il est impossible d'équilibrer les températures air-eau lors de nos prélèvements. Aussi, nous n'avons pas utilisé l'analyseur pour des températures inférieures à 15°.

En conséquence, pour effectuer les mesures, les eaux de rivières ont été placées dans des flacons, entièrement remplis, hermétiquement fermés, et amenées à des températures d'au moins 15°.

- Agitation de l'eau lors des mesures :

L'analyseur semble consommer une petite fraction d'oxygène lors de son fonctionnement ; il nous faut donc, pour évaluer correctement une concentration en oxygène d'un milieu à analyser, produire un mouvement rapide et continu au niveau des électrodes. La Maison BECKMAN recommande une vitesse de l'eau minimum de 50 cm/seconde, devant l'extrémité de l'électrode. Nous avons utilisé des agitateurs magnétiques (agitateur TACUSSEL, type AM 2, n° 1776). Mais nous pouvions penser que cette agitation favoriserait une dissolution rapide d'oxygène pouvant entraîner une erreur de mesure. Nous avons vérifié ceci par différentes manipulations :

a) - L'utilisation de récipients différents, cristallisoir et flacon à goulot étroit, ainsi que le transvasement d'une eau d'un flacon à l'autre ; l'eau prise comme échantillon était une eau de la Ville de Lyon ; celle-ci était soumise à une agitation d'environ 250 tours/minute ; les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau n° 6.

Les chiffres obtenus sont pratiquement égaux dans les 2 premiers cas (utilisation du cristallisoir et du flacon), légèrement différents dans le cas du transvasement, mais l'écart est peu important cependant, de l'ordre de 2,5 %.

b) - Mais les résultats sont obtenus avec des eaux dont la teneur en oxygène est proche de la saturation ; il est logique de se demander si, dans le cas d'eaux sous-oxygénées, les résultats seront les mêmes et ne seront pas faussés.

- 4 eaux (eaux de la Ville de Lyon), sous-saturées en oxygène par chauffage, sont placées dans des flacons à goulot étroit (le diamètre de l'électrode n'étant que de 3 à 4 millimètres inférieur à celui du goulot et obstruant presque celui-ci) ; les électrodes sont introduites dans l'eau et maintenues pendant la durée de l'agitation ; le taux d'oxygène est relevé toutes les 2-3 minutes. Les variations sont, en fait, minimales et négligeables ; en particulier, les mesures effectuées dans les 5 premières minutes, temps supérieur au temps nécessaire pour la mesure, ne varient pas de plus de 5 %.

- Les mêmes essais sont repris avec 3 eaux, dans un cristallisoir : nous notons immédiatement des variations plus grandes, de l'ordre de 10 % dès la première minute, de 30 à 50 % au bout de 5 minutes.

Il nous a donc paru nécessaire d'éliminer l'emploi d'un cristallisoir et de doser l'oxygène dissous dans le flacon où l'eau a été recueillie, donc en pratique, dans un flacon dont le col laisse juste passer la sonde.

Ces expériences sont relatées dans le tableau n° 7.

**TABLEAU 6 : Comparaison de mesures d'oxygène dissous
lors de manipulations différentes d'eaux**

- Eaux de la Ville de Lyon - Résultats exprimés en mg/l. -
- Mesures effectuées par l'analyseur BECKMAN -

(MANIPULATIONS DIFFERENTES	5 ECHANTILLONS					: MOYENNE DES 5 MESURES)
	:	:	:	:	:	
(Mesures faites dans un cristalliseur.....	: 6,45	: 6,35	: 6,50	: 6,45	: 6,40	: 6,43)
(Mesures faites dans un flacon.....	: 6,25	: 6,30	: 6,30	: 6,28	: 6,25	: 6,27)
(Mesures faites après transvasement d'un flacon à l'autre.....	: 6,60	: 6,80	: 6,75	: 6,80	: 6,85	: 6,78)

TABLEAU 7 : Comparaison de mesures d'oxygène

- Eaux de la Ville de Lyon, sous-saturées -
 - Mesures effectuées au BECKMAN, exprimées en mg/l -

4 ECHANTILLONS			
0' = 1,17	0' = 1,10	0' = 1,10	0' = 1,64
2' = 1,19	3' = 1,13	2' = 1,12	2' = 1,65
5' = 1,20	5' = 1,15	4' = 1,15	4' = 1,66
10' = 1,24	7' = 1,20	6' = 1,20	6' = 1,68

- Eaux placées dans des flacons à goulot étroit, soumises à une agitation.

3 ECHANTILLONS		
0' = 2,25	0' = 2,20	0' = 1,90
1' = 2,75	1' = 2,40	1' = 2,25
2' = 3,25	2' = 2,75	2' = 2,75
3' = 3,50	3' = 3,00	3' = 3,25
4' = 3,75	4' = 3,25	4' = 3,50
5' = 4,00	5' = 3,50	5' = 3,75

- Eaux placées dans un cristallisateur, soumises à une agitation.

C) - LE POLAROGRAPHE "SOUTHERN".

Nous n'avons donc pu utiliser l'analyseur "BECKMAN" sur place pour les mesures des taux d'oxygène ; cependant, cette mesure est intéressante et permet d'éviter des erreurs dues au transport.

Nos recherches se sont alors orientées vers un autre modèle, le polarographe "SOUTHERN".

1° - Description :

L'électrode à mercure représente la cathode du système, l'anode est en chlorure d'argent. La présence d'un thermostat corrige les effets des différences de température des échantillons. La correction s'effectue pour des températures de 0° à 30°.

Le courant polarographique est transmis à un enregistreur qui exprime les résultats en parties par million d'oxygène dissous.

2° - Etude de l'appareil :

Il a pu être utilisé, lors de nos prélèvements, pour effectuer des mesures immédiates, sur place, et à des températures naturellement différentes suivant les saisons.

Au laboratoire, nous avons vérifié son utilisation en fonction de la température, en employant une même eau (eau de la Ville de Lyon) et en mesurant sa teneur en oxygène à des températures différentes :

a) - Une première série, à des températures inférieures à 12°, est exprimée dans le tableau n° 8. Les écarts sont au maximum de 3 % par rapport à la température de 20° prise comme référence.

b) - Une deuxième série, à des températures s'étalant de 5° à 24° : les résultats (tableau n° 9) sont analogues à ceux de la série précédente.

3° - Comparaison du polarographe "SOUTHERN" et de l'analyseur "BECKMAN" :

Donc, le polarographe SOUTHERN permet d'effectuer des mesures sur place. Au laboratoire, nous avons tenu à procéder avec l'analyseur BECKMAN car les mesures sont plus rapides qu'au SOUTHERN.

Une comparaison reste à établir entre le polarographe et la méthode de WINKLER. Nous renvoyons, à ce sujet, au travail d'ALAMANNI qui nous montre une correspondance excellente (2). Nous-mêmes, nous avons, sur des eaux d'alimentation, comparé les résultats de cet appareil et de l'analyseur BECKMAN qui s'avèrent concordants.

Ces résultats ne peuvent pas cependant être extrapolés, sans vérification, aux eaux de rivières susceptibles de contenir des éléments interférant différemment sur l'un ou l'autre de ces appareils.

Une étude systématique sera entreprise à ce sujet. Des résultats fragmentaires nous ont paru satisfaisants.

**TABEAU 8 : Comparaison de mesures d'oxygène dissous
à des températures différentes, exprimées en mg/l.**

- Polarographe SOUTHERN -

TEMPERATURES	ECHANTILLONS						MOYENNE DES MESURES
4°	5,60	5,70	5,85	5,90	5,60		5,73
6°	6,10	5,90	5,80	5,80	5,80		5,90
8°	5,90	6,00	5,80	5,95	5,80		5,89
10°	6,00	5,80	5,80	5,80	5,70		5,82
12°	5,90	5,60	5,80	5,60	5,80		5,74
20°	5,80	5,85	5,90	5,90	5,85		5,86

**TABEAU 9 : Comparaison de mesures d'oxygène dissous
à des températures différentes, exprimées en mg/l.**

- Polarographe SOUTHERN -

TEMPERATURES	ECHANTILLONS						MOYENNE DES MESURES
5°	5,60	5,60	5,90	5,40	5,50		5,60
10°	5,10	5,50	5,40	5,60	5,50		5,42
14°	5,50	5,40	5,40	5,45	5,25		5,40
16°	5,60	5,40	5,50	5,55	5,40		5,49
18°	5,60	5,55	5,50	5,40	5,40		5,49
20°	5,50	5,50	5,45	5,40	5,50		5,47
22°	5,50	5,50	5,50	5,60	5,60		5,54
24°	5,60	5,60	5,90	5,80	5,60		5,70

- Eaux de la Ville de Lyon - Les deux tableaux correspondent à des échantillons prélevés à deux jours différents.

TABLEAU 10 : Comparaison entre des mesures d'oxygène effectuées avec l'analyseur BECKMAN et le polarographe SOUTHERN

- Eaux de rivières - Mesures exprimées en mg/l. -

POINTS DE PRELEVEMENTS DES EAUX :	MESURES EFFECTUEES AVEC L'ANALYSEUR :	MESURES EFFECTUEES AVEC LE POLAROGRAPHE :
Rhône 2.....	8,40	8,50
Rhône 3.....	10,20	10,50
Rhône 4.....	11,20	11,50
Rhône 5.....	11,0	11,0
Rhône 6.....	10,70	10,45
Isère 1.....	9,10	9,60
Isère 4.....	9,80	10,0
Gier 2.....	8,60	8,50
Gier 4.....	10,0	9,75

III. SIGNIFICATION.-

Le taux d'oxygène ainsi que le pourcentage d'oxygène exprimant la saturation plus ou moins élevée en oxygène d'une eau, sont deux expressions caractéristiques d'une eau de rivière ; plus ces taux sont bas, plus les eaux sont polluées, plus le phénomène d'auto-épuration ne peut compenser l'excès polluant.

A titre indicatif, nous mentionnons quelques grandeurs acceptables :

- Une pollution dans une rivière est considérée comme faible ou nulle, si :
 - la saturation en oxygène varie de 90 à 100 % ;
 - le taux minimum d'oxygène est supérieur à 7 mg/l.
- Une pollution est considérée comme peu importante, si :
 - la saturation en oxygène varie de 80 à 90 % ;
 - le taux minimum d'oxygène est supérieur à 5 mg/l.
- Une pollution est considérée comme importante, si :
 - la saturation en oxygène est supérieure à 70 % ;
 - le taux minimum d'oxygène est supérieur à 4 mg/l.
- Une pollution est considérée comme très importante, si :
 - la saturation en oxygène est supérieure à 50 % ;
 - le taux minimum d'oxygène est supérieur à 3 mg/l.

Notation : Dans nos tableaux récapitulatifs, les résultats sont exprimés en mg/litre, arrondis au 1/20^e de mg.

2° -- DEMANDE BIOCHIMIQUE D'OXYGENE (D.B.O.) --

La demande biochimique d'oxygène d'une eau représente un test exprimant la cinétique d'un phénomène de pollution. Il fut recommandé, dès le début de ce siècle, par "The Royal Commission on Sewage Disposal", sous le titre de "Dissolved oxygen taken up in 5 days at 65° F", plus connu sous le terme de "Biochemical Oxygen Demand" ou simplement par l'abréviation employée couramment "B.O.D.", ou "D.B.O." en France. Après avoir été un test anglo-saxon, il est actuellement une des plus universelles mesures d'appréciation de la pollution.

I. PRINCIPE DE CETTE D.B.O.-

Elle a pour but de réaliser, *au laboratoire*, un phénomène qui se déroule normalement dans des milieux naturels : eaux de rivières, effluents. Ce phénomène est la *dégradation de matières organiques contenues dans ces milieux par des germes bactériens*. Cette dégradation s'effectue par des processus chimiques d'oxydo-réduction. Ceux-ci entraînent une consommation d'oxygène qui peut être facilement mesurée. Elle exprime ainsi un reflet de la teneur en matières organiques du milieu étudié.

En pratique, donc au laboratoire, ce test se réalise en évaluant la *consommation d'oxygène, par une eau à étudier, contenue dans des flacons fermés*

et placés dans un incubateur à 20°, à l'obscurité, et pendant un temps déterminé : méthode courante admise en pratique internationale. Les résultats sont exprimés en partie par million ou en milligramme par litre d'oxygène dissous consommé.

Plusieurs remarques sont à noter :

- Dans les milieux naturels, la consommation d'oxygène est compensée régulièrement par la dissolution d'oxygène atmosphérique dans l'eau, alors que nous conservons en laboratoire les échantillons fermés où le renouvellement d'oxygène dissous ne peut se faire.

- Certaines eaux polluées contenant un taux d'oxygène très bas ne peuvent être mises, pour des raisons techniques, pures en incubation et doivent être diluées auparavant avec un diluant choisi.

- Ce test codifié est soumis à l'action de nombreux facteurs qu'il est difficile d'évaluer ; cependant, l'application de méthodes normalisées, l'accumulation de résultats, leur interprétation, permettent de suivre le comportement des rivières et de déceler les phénomènes de pollution et d'épuration qui s'y produisent.

II. QUELS SONT LES FACTEURS QUI INTERVIENNENT DANS CE TEST ? QUELLES SONT LES NORMES ADOPTEES ?

Les facteurs qui ont attiré notre attention sont les suivants :

- la température d'incubation ;
- les conditions d'obscurité et d'éclairement ;
- la durée d'incubation ;
- le choix du diluant et les effets de la dilution.

Chaque facteur sera repris et étudié séparément.

1° - TEMPÉRATURE D'INCUBATION.

A) - Choix de cette température :

"The Royal Commission on Sewage Disposal" avait retenu une température de 18°3, puis de 20°, car cette température représentait celle maximum réalisée dans les eaux de rivières pendant la période chaude d'été.

Cette température fut admise et prévalut en pratique internationale.

Le Journal Officiel français du 20 juin 1953 impose une température de 20° pour toutes D.B.O. Elle doit être maintenue pendant toute la durée du test, et il est recommandé d'éviter tout écart de température supérieur à 0°5.

B) - Variations des D.B.O. suivant les températures d'incubation choisies :

Nous nous sommes demandé ce que deviennent les résultats de D.B.O. si la température d'incubation variait. Nous avons choisi des températures de 4°, de 10°, qui peuvent être occasionnellement des températures de transport des eaux, au moins pendant quelques heures ; de 30°, à titre documentaire.

**TABLEAU 11 : Comparaison des D.B.O. d'eaux du Rhône
en 5 jours, à différentes températures**

(DATES :	ECHANTILLONS PLACES A 4°					MOYENNE DES RESULTATS DES 5 FLACONS	MOYENNE DES RESULTATS DES 5 FLACONS A 20°
(19/10/1964 :	0,55 :	0,85 :	2,00 :	1,50 :	1,50 :	1,28 :	3,39)
(28/10/1964 :	0,70 :	1,35 :	1,35 :	1,25 :	0,80 :	1,09 :	3,43)
(4/11/1964 :	1,50 :	1,80 :	1,50 :	1,80 :	1,45 :	1,61 :	6,38)
(10/11/1964 :	1,00 :	1,10 :	1,00 :	1,25 :	1,20 :	1,11 :	5,10)
(27/11/1964 :	1,25 :	0,50 :	0,60 :	0,75 :	0,25 :	0,67 :	6,01)

- Température d'incubation = 4°.

(DATES :	ECHANTILLONS PLACES A 10°					MOYENNE DES RESULTATS DES 5 FLACONS	MOYENNE DES RESULTATS DES 5 FLACONS A 20°
(19/10/1964 :	2,00 :	2,25 :	2,00 :	2,00 :	2,25 :	2,10 :	3,39)
(28/10/1964 :	1,25 :	1,45 :	0,50 :	1,75 :	1,75 :	1,34 :	3,83)
(4/11/1964 :	3,50 :	3,45 :	3,50 :	3,25 :	3,00 :	3,34 :	6,38)
(10/11/1964 :	3,25 :	3,00 :	3,50 :	3,20 :	2,75 :	3,14 :	5,10)
(27/11/1964 :	3,00 :	2,30 :	1,80 :	2,70 :	1,45 :	2,25 :	6,01)

- Température d'incubation = 10°.

(DATES :	ECHANTILLONS PLACES A 30°					MOYENNE DES RESULTATS DES 5 FLACONS	MOYENNE DES RESULTATS DES 5 FLACONS A 20°
(28/12/1964 :	4,25 :	4,25 :	3,50 :	4,05 :	4,95 :	4,20 :	3,05)
(29/12/1964 :	4,50 :	4,70 :	4,65 :	4,50 :	4,95 :	4,66 :	3,44)
(31/12/1964 :	6,65 :	8,25 :	6,75 :	7,70 :	6,15 :	7,10 :	4,53)

- Température d'incubation = 30°.

- Les résultats des flacons de référence ayant servi à établir les moyennes à 20°, sont détaillés dans le tableau n° 14, p. 32.

**TABLEAU 12 : Comparaison de D.B.O. d'eaux du Gier
en 5 jours, à différentes températures : 4°, 20°**

(DATES :	D.B.O. à 4° MOYENNE DES MESURES DE 5 ECHANTILLONS DIFFERENTS	:	D.B.O. à 20° MOYENNE DES MESURES DE 5 ECHANTILLONS DIFFERENTS	)
(9/11/1964 :	6,00	:	23,00	)
(16/11/1964 :	10,00	:	40,00	)
(11/12/1964 :	5,00	:	27,00	)
(16/12/1964 :	6,00	:	47,00	)

a) - Ces essais ont été effectués en utilisant des eaux du Rhône prélevées à des dates différentes (Lyon : Pont de l'Université - Tableau n° 11).

- A 4°, les résultats des D.B.O., après incubation de 5 jours, montrent une faible consommation d'oxygène ; donc les phénomènes d'oxydo-réduction, permettant une dégradation de matières organiques, s'effectuent à cette température. Comparés à ceux obtenus après incubation de 5 jours à 20°, ils représentent environ le 1/4 de ces D.B.O. Devant ces résultats, des essais ont été repris après une incubation de 1 jour à 20° et 4°, car nous voulions vérifier si, en 24 heures, une D.B.O. pouvait être décelée à 4°. Nous avons toujours procédé avec 5 échantillons. Pour simplifier, nous ne donnons que les moyennes :

- Moyenne des D.B.O. : 4° en 1 jour = 0,80 mg.
- Moyenne des D.B.O. : 20° en 1 jour = 4 mg.
- Moyenne des D.B.O. : 20° en 5 jours = 7,5 mg.

Donc, les D.B.O. à 4° représentent environ les 20 % de celles réalisées à 20° en 1 jour.

- A 10°, les D.B.O., pendant 5 jours, atteignent un taux assez élevé, représentant les 2/3 des D.B.O. effectuées comparativement à 20°.

- A 30°, les essais réalisés n'ont qu'un intérêt documentaire. On note des D.B.O. nettement supérieures à celles obtenues à une température d'incubation à 20°.

Rappelons ici que tout effluent rejeté dans un milieu naturel doit présenter une température inférieure à 30°.

b) - Dans cette première série, nous avons choisi des eaux du Rhône dont les D.B.O. variaient de 4 à 7 mg/litre : une eau de rivière que l'on peut qualifier d'assez bonne. Nous avons été tenté de reprendre des D.B.O. avec des eaux de rivières plus polluées, telles celles du Gier prélevées en amont de Givors (tableau n°12).

Nous notons des résultats comparables à ceux obtenus avec des eaux du Rhône ; les D.B.O. réalisées pendant une incubation de 5 jours à 4° représentent parfois le 1/4 de celles réalisées à 20° pendant le même temps. Cependant, on note des D.B.O. minimales lors d'incubation à 4° pendant 1 jour.

- Moyenne des D.B.O. : 4° en 1 jour = 0,54 mg.
- Moyenne des D.B.O. : 20° en 1 jour = 14 mg.
- Moyenne des D.B.O. : 20° en 5 jours = 44 mg.

c) - En conclusion, nous pensons qu'il n'est pas besoin de faire remarquer le rôle important attribué à la température : température d'incubation des eaux à respecter, température de l'enceinte contenant les flacons de prélèvement, qui doit être aussi basse que possible. Ceci entraîne la nécessité d'effectuer ce test de D.B.O. le plus rapidement possible après un prélèvement.

2° - MISE EN INCUBATION : OBSCURITÉ OU ÉCLAIREMENT.

Le Journal Officiel recommande de placer les flacons à l'obscurité. Tout processus de photo-synthèse est ainsi supprimé. Nous avons comparé des résultats de D.B.O. obtenus avec des séries d'eaux du Rhône (Lyon : Pont de l'Université) placées dans un incubateur à 20°, et des séries exposées à la lumière solaire au laboratoire dont la température ambiante variait de 18 à 22°.

**TABEAU 13 : Comparaison de D.B.O. d'eaux du Rhône
à la lumière ou à l'obscurité**

DATES	ECHANTILLONS PLACES A LA LUMIERE DU JOUR						ECHANTILLONS ⁽¹⁾ PLACES A L'OBSCURITE	
	MOYENNE DES D.B.O. DES 5 FLACONS						MOYENNE DES D.B.O. A 20°	
19/10/1964	3,00	2,20	1,50	3,25	3,10	2,61	3,39	
28/10/1964	3,75	3,00	3,00	3,25	2,70	3,14	3,43	
4/11/1964	4,50	5,00	5,00	5,00	5,00	4,90	6,38	
10/11/1964	2,50	3,25	2,00	3,00	3,50	2,85	5,10	
27/11/1964	5,75	5,00	5,15	5,75	6,00	5,53	6,01	
28/12/1964	2,30	2,40	2,30	2,20	2,25	2,29	3,05	

(1) - Les résultats des échantillons de référence ayant servi à établir ces moyennes sont indiqués dans le tableau n° 14.

TABEAU 14 : Comparaison de D.B.O. des eaux du Rhône

DATES	ECHANTILLONS PLACES A 20°					MOYENNE DES RESULTATS DES 5 ECHANTILLONS
19/10/1964	3,30	3,00	3,45	3,80	3,40	3,39
28/10/1964	3,10	3,75	3,50	3,50	3,30	3,43
4/11/1964	5,65	7,25	6,25	6,50	6,25	6,38
10/11/1964	4,25	6,25	4,25	6,00	4,75	5,10
27/11/1964	6,20	6,00	6,10	5,50	6,25	6,01
28/12/1964	3,00	3,00	3,25	3,00	3,00	3,05
29/12/1964	3,50	3,65	3,60	3,25	3,25	3,45
31/12/1964	4,00	4,65	4,50	4,75	4,75	4,53

Les nombreux résultats obtenus (exprimés dans le tableau n° 13) nous prouvent qu'effectivement les D.B.O. réalisées à la lumière ont des taux inférieurs à des D.B.O. placées à l'obscurité.

Nous pouvons penser que l'influence du phénomène de photo-synthèse qui se fait sentir dans le milieu naturel sera éliminé en pratique, pour permettre la comparaison de résultats, en évitant les effets toujours variables de lumière.

Il en résulte la nécessité de conserver les échantillons, entre leur prélèvement et la mise en route de la D.B.O., à l'obscurité.

3° - DURÉE D'INCUBATION.

La norme adoptée par le Journal Officiel français est : de 5 jours. Cependant, certains organismes préconisent des D.B.O. de 36 heures ; de 48 heures, de manière à éviter une dilution trop importante des eaux de rivières. Ils tiennent compte aussi des possibilités de stockage et du nombre de flacons en circuit qui devient vite important, dans le cas de séries d'analyses.

a) - Reprendre ces données avec des eaux de rivières, dont les D.B.O. varient entre 4 et 7 mg et dont le taux d'oxygène avant incubation approche du taux de saturation, paraît intéressant pour avoir une idée, bien qu'approximative, de l'évolution des D.B.O. au cours de 5 jours d'incubation.

Comment avons-nous réalisé ces essais ?

Au départ, nous avons placé dans un incubateur à 20° une série de 15 flacons contenant la même eau de rivière et, chaque jour, nous avons prélevé 3 flacons dont la teneur en oxygène fut mesurée, avant et après incubation, avec l'analyseur BECKMAN. Nous obtenons ainsi des résultats de D.B.O., un jour, deux jours, trois jours, cinq jours, et parfois 4 jours.

En étudiant le tableau n° 15 résumant les résultats, on est frappé par la notion que les 30 %, parfois même les 50 % des D.B.O., s'effectuent dans les premières 24 heures. Puis la consommation d'oxygène diminue très nettement les jours suivants. Que se passe-t-il ?

- Les matières organiques contenues dans ces eaux sont en quantité réduite et, de ce fait, sont pratiquement toutes dégradées les premiers jours.

- La diminution du taux d'oxygène dans l'eau, par suite de sa consommation importante au cours des premières réactions d'oxydo-réduction, peut expliquer un ralentissement dans les réactions terminales. S'il en est ainsi, que devient cette D.B.O. quand on utilise une eau dont le taux d'oxygène est non proche de la saturation, mais supérieur ou inférieur à cette saturation ?

Le tableau n° 16 résume les expériences que nous avons entreprises.

- D'après nos résultats, peu caractéristiques dans l'ensemble, nous devons, le plus possible, utiliser des eaux proches de la saturation.

b) - Ces essais furent repris parallèlement avec des eaux du Gier dont les D.B.O. 5 jours sont supérieures à 10 mg. Les processus de dégradation biochimique qui s'effectuent dans le Gier sont plus lents (tableau n° 17), le premier jour, si on les compare à ceux du Rhône. Nous savons que les eaux du Gier sont plus polluées et ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que ces

**TABLEAU 15 : Comparaison de D.B.O. des eaux du Rhône
en fonction de la durée d'incubation**

- Température d'incubation = 20° -

DATES	DUREE D'INCUBATION				
	1 JOUR	2 JOURS	3 JOURS	4 JOURS	5 JOURS
4/11/1964	2,10 ⁽¹⁾	3,70	3,98		6,38
	31 % ⁽²⁾	58 %	62 %		
10/11/1964	2,69	3,13	3,78		5,10
	53 %	65 %	74 %		
27/11/1964	2,43	3,83	4,98	5,05	6,01
	40 %	63 %	83 %	84 %	
28/11/1964	1,10	1,89	2,38	2,69	3,05
	37 %	62 %	79 %	88 %	
30/11/1964	3,01	3,39	3,91	4,21	4,95
	60 %	68 %	79 %	85 %	

(1) - D.B.O. en mg/litre au jour d'arrêt de l'expérience (moyenne de 3 échantillons).

(2) - Pourcentage de cette D.B.O. par rapport à la D.B.O. 5 jours.

eaux contiennent des inhibiteurs biodégradables : détergents par exemple, ou des inhibiteurs métalliques.

Malgré l'intérêt des interprétations des D.B.O. un jour, pour des eaux peu polluées, nous avons, pour normaliser nos résultats et nous conformer aux habitudes françaises, conservé une période d'incubation de 5 jours, exprimée en abréviation D.B.O.5.

4° - VOLUME D'EAU UTILISÉ.

Le Journal Officiel n'impose aucun volume particulier.

Plusieurs manuels recommandent le volume de 250 ml, mais il est fort possible d'utiliser des flacons dont le volume soit de 125 ou 60 ml. Cependant, il faut admettre que les résultats peuvent varier d'un volume à l'autre (3), surtout si les eaux sont très polluées.

5° - MÉTHODE DE DILUTION DANS LE CAS D'EAUX POLLUÉES.

La plupart des eaux non polluées ou peu polluées contiennent une quantité suffisante d'oxygène dissous pour permettre la dégradation de toutes leurs matières organiques. Mais dans le cas d'eaux très polluées, cette quantité devient insuffisante. Des dilutions plus ou moins poussées, à l'aide d'une eau pure, diminuent la teneur en matières organiques tout en maintenant presque constant le taux d'oxygène, et permettent ainsi une lecture de la D.B.O. à 5 jours.

Mais cette dilution impose :

- le choix d'une eau de dilution ;
- l'obligation d'effectuer plusieurs échantillons ;
- l'interprétation des résultats obtenus.

A) - Choix d'une eau de dilution :

1) - "The Royal Commission on Sewage Disposal" a proposé, au début des premiers essais, les eaux de distribution publique. Mais leurs compositions, variant selon les localités, entraînaient des difficultés dans la comparaison des résultats.

C'est alors que, se référant à la pratique américaine, elle recommande, comme eau de dilution, une eau synthétique.

2) - Actuellement, "The Water Pollution Research Laboratory" propose une eau distillée tamponnée, aérée, conservée un temps suffisant pour être saturée en oxygène dissous. Cette eau ne doit pas contenir d'éléments toxiques, comme le cuivre, inhibiteurs fermentaires.

3) - On a proposé une eau de rivière analogue à celle étudiée, mais non polluée, dans le but d'éviter une composition du diluant différente de l'eau à analyser. Mais il n'est pas toujours facile de se procurer une telle eau.

4) - Le Journal Officiel français indique l'emploi d'une eau pure aérée dont la température doit être analogue à celle de l'incubation.

**TABLEAU 16 : Comparaison de D.B.O.
Eaux du Rhône à 20° en 5 jours
Eaux contenant un taux d'oxygène initial différent**

ECHANTILLONS	D.B.O. EAU SURSATURÉE AU DEPART 18,5 mg d'O ₂	D.B.O. EAU SURSATURÉE AU DEPART 15 mg d'O ₂	D.B.O. EAU SATURÉE AU DEPART 8,75 mg d'O ₂	D.B.O. EAU SOUS-SATURÉE AU DEPART 6 mg d'O ₂
1 ^{er}	4,50	4,50	6,25	5,70
2 ^{ème}	4,60	6,50	7,65	5,60
3 ^{ème}	4,50	5,75	7,50	5,80
4 ^{ème}	4,50	4,75	7,00	5,70
5 ^{ème}	4,35	4,30	7,15	5,70
Moyenne des résultats.	4,48	5,16	7,11	5,70

**TABLEAU 17 : Comparaison des D.B.O. 1 jour et 5 jours à 20°
Eaux du Gier**

DATES	D.B.O. 1 JOUR	D.B.O. 5 JOURS	% DES D.B.O. 1 JOUR PAR RAPPORT AUX D.B.O. 5 JOURS
10/11/1964	3,30	23,0	14 %
11/12/1964	5,00	27,0	19 %
16/12/1964	4,70	47,0	10 %

5) - Nous avons utilisé une eau déminéralisée, aérée, de manière à être saturée en oxygène dissous ; avant l'emploi, elle est tamponnée par une solution contenant :

- Une solution de phosphates comprenant :

$\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$	8,5 g.
PO_4HK_2	21,75 g.
$\text{PO}_4\text{HNa}_2\text{ } 7\text{H}_2\text{O}$	33,4 g.
Cl NH_4	1,7 g.
Eau distillée q.s.....	1.000 ml.
 - Une solution de sulfate de magnésium :

$\text{SO}_4\text{ Mg } 7\text{H}_2\text{O}$	22,5 g. dans un litre d'eau distillée.
--	--
 - Une solution de chlorure de calcium :

Cl_2Ca anhydre.....	27,5 g. dans un litre d'eau distillée.
-------------------------------------	--
 - Une solution de chlorure ferrique :

$\text{Cl}_3\text{ Fe } 6\text{H}_2\text{O}$	0,25 g. dans un litre d'eau distillée.
--	--
- On ajoute un ml de chaque solution par litre d'eau déminéralisée.

Cette eau tamponnée a pour but de maintenir un pH voisin de 7 pendant la durée d'incubation. Elle apporte, pour une eau peu polluée, des éléments nutritifs minéraux ; cependant, pour une eau relativement polluée déjà chargée, l'apport d'un tampon nous a semblé d'un intérêt moindre : cette eau n'a qu'un but, celui d'apporter une quantité d'oxygène dissous.

B) - Obligation d'effectuer plusieurs échantillons :

Le fait d'être obligé de diluer une eau impose non une seule dilution, mais des dilutions. Celles-ci sont choisies d'une manière arbitraire suivant le type de l'eau. Nous obtenons donc différents résultats liés à des consommations d'oxygène variables pour chaque dilution. Ces variations sont dues à de nombreux facteurs : intervention de la composition du milieu étudié en substances organiques, éléments minéraux et toxiques ; intervention du pH, de la salinité, qui varient du fait du diluant apporté ; intervention de la dilution elle-même par l'intermédiaire du rapport $\frac{\text{substrat}}{\text{diluant}}$, car les réactions enzymatiques ont une vitesse variant en fonction des proportions relatives des enzymes présents et des substrats, eux-mêmes en perpétuelle variation au cours du processus.

C) - Interprétation des résultats :

Les interférences nombreuses nous amènent à serrer les dilutions et à les interpréter.

Dans le tableau n° 18, nous avons reproduit une analyse d'eau prélevée dans le Gier. Les trois résultats de D.B.05 correspondant aux dilutions : 10 %, 20 %, 30 %, sont proches les uns des autres. Ils correspondent à des pourcentages d'oxygène dissous consommé par rapport au taux initial d'oxygène, variant de 30 à 80 %. Plus on s'éloigne du taux 50 % d'oxygène consommé, plus les résultats sont discordants et ininterprétables. Pour illustrer ces observations, nous avons choisi des analyses pratiquées sur des effluents dont le nombre des dilutions est plus nombreux (tableau 19). On en déduit ceci : pour des dilutions correspondant à des pourcentages d'oxygène consommé allant de 40 à 60 %, nous obtenons des résultats comparables ; si nous nous éloignons de ces pourcentages, les chiffres deviennent aberrants.

En pratique courante, les résultats qui sont adoptés, sont ceux obtenus pour des pourcentages d'oxygène consommé voisins de 50 %, c'est-à-dire compris entre 30 et 60 %.

TABLEAU 18 : Analyse d'une eau du Gier

- D.B.O. effectuée le 16/12/1964 -

(	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	)
(Dilutions.....	20 0/00	50 0/00	100 0/00	200 0/00	300 0/00	400 0/00	)
(	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	)
(Taux d'oxygène dissous	:	:	:	:	:	:	)
(avant la mise en incubation	:	:	:	:	:	:	)
((en mg/l).....	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	)
(	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	)
(Taux d'oxygène dissous	:	:	:	:	:	:	)
(après la mise en incubation	:	:	:	:	:	:	)
(5 jours (en mg/l).....	6,00	6,00	5,75	3,00	1,50	0,50	)
(	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	)
(Consommation d'oxygène	:	:	:	:	:	:	)
(en 5 jours.....	2,25	2,25	2,50	5,25	6,75	7,50	)
(	:	:	:	:	:	:	)
(	:	:	:	:	:	:	)
(Pourcentage d'oxygène consommé	:	:	:	:	:	:	)
(par rapport au taux initial	:	:	:	:	:	:	)
(d'oxygène.....	28 %	28 %	30 %	65 %	82 %	100 %	)
(	:	:					)
(	:	:					)
(	:	:					)
(D.B.O.....	112	45	25	26	22	19	)
(	:	:					)
(	:	:					)

TABLEAU 19 : Effluents provenant de station d'épuration
Calcul des D.B.O.5

(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	1	Dilutions.....	10 o/oo	30 o/oo	50 o/oo	100 o/oo	150 o/oo	200 o/oo
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	Méthode	Pourcentage d'oxygène consommé.	18 %	23 %	31 %	39 %	56 %	69 %
(	de	:	:	:	:	:	:	)
(	WINKLER	D.B.O.....	150	65	52	32	30	28
(	:	:	:	:	:	:	:	)

(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	2	Dilutions.....	10 o/oo	15 o/oo	20 o/oo	30 o/oo	50 o/oo	70 o/oo
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	Analyseur	Pourcentage d'oxygène consommé.	28 %	29 %	30 %	39 %	62 %	84 %
(	BECKMAN	:	:	:	:	:	:	)
(	:	D.B.O.....	180	160	125	110	100	97
(	:	:	:	:	:	:	:	)

(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	3	Dilutions.....	30 o/oo	80 o/oo	120 o/oo	200 o/oo	300 o/oo	500 o/oo
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	Analyseur	Pourcentage d'oxygène consommé.	30 %	32 %	34 %	47 %	65 %	87 %
(	BECKMAN	:	:	:	:	:	:	)
(	:	D.B.O.....	87	35	24	20	19	19
(	:	:	:	:	:	:	:	)

(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	4	Dilutions.....	50 o/oo	80 o/oo	120 o/oo	180 o/oo	240 o/oo	300 o/oo
(	:	:	:	:	:	:	:	)
(	Analyseur	Pourcentage d'oxygène consommé.	34 %	35 %	39 %	52 %	65 %	74 %
(	BECKMAN	:	:	:	:	:	:	)
(	:	D.B.O.....	52	34	25	22	21	19
(	:	:	:	:	:	:	:	)

Note : 1) Dans de rares cas, où les eaux prélevées ont un pH inférieur à 6,5 ou supérieur à 8,2, il est conseillé une neutralisation et un ensemencement par une eau d'égout appropriée (en tenant compte, bien sûr, de la D.B.O. propre de l'eau d'égout utilisée).

2) Il est évident que dans le cas d'une rivière de très faible D.B.O., on ne pourra obtenir une consommation d'oxygène représentant au moins 30 % de l'oxygène initial.

III. SIGNIFICATION.-

La demande biochimique en oxygène est un test qui fut et qui est encore très discuté, du fait de son exécution en laboratoire et non dans le milieu naturel où se produisent les phénomènes biochimiques, du fait d'interférences nombreuses agissant sur la multiplication et l'activité bactérienne, et de son interprétation délicate.

Une étude entreprise par M. BOUQUIAUX et P. BEAUJEAN (5) portait sur la comparaison des résultats de mesures, faites sur des échantillons connus d'eaux de rivière, par des expérimentateurs différents appartenant à l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie et au Centre belge d'Etudes et Documentation des Eaux : ils admettaient qu'une différence de 0,9 mg/litre pour des mesures sans dilution, et que des résultats variant du simple au double pour des mesures avec dilution, se trouvent encore dans des limites admissibles de concordance (80 % des échantillons analysés entrent en effet dans ces limites).

Néanmoins, nous attendons de la "demande biochimique en oxygène" (aucun test ne la remplaçant actuellement) la possibilité d'apprécier la charge d'une rivière en substances organiques et son pouvoir auto-épurateur. Aussi, pour interpréter nos résultats, nous avons tendance à vouloir cataloguer une rivière par rapport à une utilisation éventuelle. Le but poursuivi est d'éviter, à l'avenir, toute charge supplémentaire qui entraînerait une augmentation de la pollution d'une rivière et perturberait son pouvoir auto-épurateur.

Nous admettons que pour une rivière :

- la pollution est considérée comme faible ou nulle, si la D.B.O. est < 3 mg/litre ;
- la pollution est considérée comme peu importante, si la D.B.O. est comprise entre 3 et 5 mg/litre ;
- la pollution est considérée comme importante, si la D.B.O. est comprise entre 5 et 7 mg/litre ;
- la pollution est considérée comme très importante, si la D.B.O. est < 20 mg/litre ;
- au-delà de 20 mg, le terme de "rivière" ne peut être utilisé...

Notation : Dans nos tableaux récapitulatifs, les résultats sont exprimés en mg/litre et arrondis à 1 mg ou 1/2 mg près.

3° - DETERMINATION DE L'OXYDABILITE PAR LE PERMANGANATE DE POTASSIUM

La mesure de la D.B.O. à 5 jours est un test de laboratoire destiné à apprécier les matières organiques contenues dans une eau, à l'aide d'une réaction biologique naturelle : l'oxydation de ces matières organiques par les microorganismes du milieu, selon un processus biologique utilisant l'oxygène dissous.

Vouloir établir un test de laboratoire, avec obtention de résultats comparables et reproductibles sur la teneur en matières organiques d'une eau, oblige à réglementer strictement les conditions de cette oxydation biologique : finalement, il n'y a plus guère de rapport entre la réalisation du test *in vitro* et le phénomène naturel.

On peut donc se demander s'il n'y a pas intérêt à réaliser la mesure de cette oxydation des matières organiques, non plus par le processus compliqué d'oxydation biologique, mais par une simple oxydation chimique conduite elle aussi dans des conditions bien déterminées.

De nombreuses réactions ont été proposées, que nous citerons dans le chapitre suivant. Dans notre enquête, nous avons pratiqué l'une des plus usuelles : la détermination de l'oxydabilité par le permanganate, à froid, en 4 heures, en milieu acide.

Le permanganate oxyde les matières organiques d'une façon variable selon les conditions de température, de durée d'action, de pH, du milieu, etc... Aussi, est-il absolument nécessaire, si l'on veut obtenir des résultats reproductibles, de se conformer exactement au mode opératoire choisi. Nous avons suivi la technique décrite par J. RODIER dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" (page 309), (29).

Indiquons seulement le principe général de cette méthode qui consiste à mettre en contact la prise d'essai de l'eau à étudier et du permanganate de potassium titré, dans les conditions choisies de l'expérience, et, à la fin de celle-ci, de mesurer l'excès de permanganate non utilisé. On en déduit la quantité de permanganate ayant fourni l'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières organiques selon la réaction : $2 \text{MnO}_4\text{K} + 3 \text{SO}_4\text{H}_2 = 2 \text{SO}_4\text{Mn} + \text{SO}_4\text{K}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} + 5 \text{O}$

Il est donc facile de mesurer l'oxygène libéré du permanganate et, habituellement, on exprime les résultats en milligrammes d'oxygène cédé par litre d'eau étudiée.

On sera frappé par la similitude d'expression de ces résultats et des résultats de D.B.O. On doit cependant se garder d'une assimilation trop complète, les matières organiques oxydées au cours de l'une et l'autre de ces deux réactions n'étant pas obligatoirement les mêmes.

Les deux techniques chimiques et biologiques ne sont donc pas comparables, mais complémentaires. La mesure chimique permet, en effet, de pallier à une défaillance de la D.B.O. dans le cas où une inhibition entraverait les processus biologiques : à une D.B.O. faible, correspond alors une oxydabilité

au permanganate élevée : il serait prudent de compléter la D.B.O. par une oxydabilité au permanganate, toutes les fois que la présence de toxique est vérifiée ou soupçonnée⁽¹⁾.

Mais cette mesure chimique de l'oxydabilité est sujette également à des défaillances. Toutes les matières organiques ne réagissent pas de même manière au permanganate, et les oxydants ou réducteurs présents dans le milieu sont des sources d'erreur.

Afin de fixer les idées sur l'interprétation des résultats de cet examen, nous citerons Louis KLEIN (19) qui estime que, dans une rivière, l'oxydabilité par le permanganate à froid, durant 4 heures, ne devrait pas dépasser 3 à 5 mg/litre. Si des poissons, tels la truite ou l'ombre, ne se trouvent guère que dans les rivières dont le taux d'oxydabilité est très bas (inférieur à 1 mg d'oxygène par litre), on peut trouver des gardons et goujons dans des eaux à des taux d'oxydabilité de 6 à 10 mg d'oxygène par litre. Pratiquement, pour des taux supérieurs à 10 mg, on ne trouve plus de poissons dans les rivières.

(1) - KLEIN (19) cite le cas d'une rivière largement polluée en matières organiques, contenant des sels de cuivre, et où la D.B.O. ne dépassait pas 4 mg d'oxygène alors que l'oxydabilité au permanganate atteignait 64 mg/litre d'oxygène. Il est bon de rappeler, à ce sujet, que 0,05 ppm de cuivre peut abaisser la D.B.O. de 25 %.

II - CRITERES D'ORDRE PHYSIQUE.

1° - TEMPERATURE -

Elle a été mesurée au moment du prélèvement à l'aide de thermomètre à mercure, permettant d'apprécier aisément le 1/2 degré.

2° - DETERMINATION DU pH. -

METHODE UTILISEE.-

Méthode potentiométrique avec l'appareil TACUSSEL, type TS4 F3. Sensibilité pratique : 1/20 d'unité pH. Les mesures ont été effectuées dès l'arrivée au laboratoire de l'échantillon, maintenu au frais durant le transport et bien bouché.

SIGNIFICATION.-

Le maintien à taux relativement constant du pH est important pour assurer la constance de la composition chimique d'une rivière et de son équilibre biologique : certains sels peuvent précipiter, comme les sels de fer, quand on passe d'un milieu acide à un milieu alcalin ; les pH extrêmes compatibles avec la vie de la plupart des poissons peuvent être fixés à 5 et à 8,5. Ce pH est pratiquement toujours assuré dans les rivières de nos régions, car il existe dans l'eau un pouvoir tampon capable de neutraliser un effluent très acide ou très alcalin.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs : Les résultats sont indiqués en unités pH, arrondis au 1/10 d'unité.

3° - DETERMINATION DES MATIERES EN SUSPENSION -

METHODE UTILISEE.-

Nous avons suivi la méthode par centrifugation, décrite notamment dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER, 2^{ème} éd., p. 20 (29).

Cette méthode consiste à séparer les matières non dissoutes par centrifugation à 3.000 tours/minute, à les transvaser dans des capsules de quartz, à les sécher à 105° et à les peser, de façon à déterminer leur valeur totale. Une nouvelle pesée, après chauffage à 600°, permet de déterminer "la perte au feu"

que l'on peut attribuer à une fraction principalement organique de ces matières en suspension. Le résidu fixe correspond plutôt à la fraction minérale.

Précision de la technique : pour les prises d'essais normalement effectuées, la précision finale peut être estimée à un ou deux milligrammes près. La difficulté provient souvent de l'homogénéisation de la prise d'essai.

SIGNIFICATION.-

Les matières en suspension, si elles sont abondantes dans les rivières, peuvent former sur le fond et sur les bords des dépôts importants s'opposant au développement de la flore et de la faune. Elles peuvent être gênantes lors du pompage de l'eau et colmater les filtres et les pompes. Elles proviennent, soit du pouvoir d'érosion de certains cours d'eau et de leurs effluents en période de crue par exemple, pour les matières en suspension d'origine minérale, soit du déversement d'effluents domestiques dans les rivières, pour celles d'origine organique.

On peut estimer comme faible, une teneur en matières en suspension inférieure à 25 mg et, peu importante, une teneur s'élevant jusqu'à 50 mg. Dans l'interprétation des résultats, on se rappellera que les vidanges de barrages et les périodes de crue peuvent modifier complètement la teneur des rivières en ces éléments, et fausser totalement la signification de ce critère.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs : Dans la colonne de nos tableaux, nous exprimons en mg/litre, successivement de gauche à droite, les matières en suspension totales, les matières en suspension organiques et les matières en suspension minérales (T M O).

4° - DETERMINATION DE LA RESISTIVITE -

METHODE UTILISEE.-

La résistivité d'une eau est la résistance d'une colonne d'eau comprise entre 2 électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle s'exprime en ohm-centimètre et peut se mesurer avec des appareils basés sur le principe du pont de Wheatstone. C'est un appareil de cet ordre que nous avons utilisé, le conductimètre TACUSSEL, type CD 6. La résistivité varie selon la température et il importe, dans le résultat, d'indiquer la température de mesure.

SIGNIFICATION.-

Si la mesure des matières en suspension permet de déterminer les matières insolubles, la mesure de la résistivité permet une bonne appréciation des matières en solution. En effet, dans l'eau, solution peu concentrée en sels minéraux, pratiquement tous les éléments dissous sont ionisés. Les anions et

cations contribuent donc à la conductivité, ou à son inverse, la résistivité de l'eau. La résistivité de l'eau n'est pas, toutefois, obligatoirement inversement proportionnelle à la masse des éléments en solution (déterminée par la mesure de l'extrait sec), ou au total des milliéquivalents présents, car il n'y a pas proportionnalité entre la milliéquivalence ou la masse atomique des ions et leur conductivité. Ces trois indications sont toutefois étroitement reliées et la mesure de la résistivité étant la plus facile à réaliser, son intérêt est considérable.

La résistivité d'une rivière de minéralisation moyenne oscillera autour de 2.000 à 2.500 ohm/cm. Dans les régions granitiques, elle peut atteindre 10.000, 20.000, voire 50.000 ohm/cm.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs : Elle est indiquée, dans la colonne de nos tableaux, en ohm/cm à 20°.

III - CRITERES CHIMIQUES SE RAPPORTANT AUX ELEMENTS GENERALEMENT PRESENTS DANS LES COURS D'EAU ET ASSURANT L'IONISATION DE L'EAU.

Remarque préliminaire sur les expressions de résultats en ppm-milliéquivalents-degrés : Ces éléments sont ceux qui, nous venons de voir, assurent la conductibilité électrique des cours d'eau. Ils ont la caractéristique commune de se trouver tous présents dans l'eau à l'état ionisé. Il en résulte un fait important : certes, leur estimation quantitative peut être faite par l'indication de leur poids dans le volume d'eau considéré comme unité (généralement cette indication est ramenée en "partie par million", en abrégé ppm, qui correspond au milligramme par litre), mais on peut également utiliser une unité arbitraire, tenant compte du poids de l'élément et de sa valence ; cette unité, l'équivalent gramme, que nous allons immédiatement définir, permet non seulement une représentation de la teneur en eau d'un élément donné, mais aussi une représentation aisée des rapports réels reliant entre eux les différents éléments présents.

L'équivalent gramme d'un ion en solution est la masse de cation déchargée sur une électrode par un Faraday. En pratique, on le calcule en divisant la masse de l'ion par l'électrovalence de cet ion. Par exemple, l'équivalent gramme du calcium sera de $40 : 2$; celui du potassium de $39,1 : 1$; celui du sulfate de $96,06 : 2$.

Dans les eaux de rivière où les quantités de sels dissous sont faibles, on utilise non pas l'équivalent gramme, mais sa millième partie : le milliéquivalent.

A cette notion d'équivalence peut être rattachée la notion de degré : les "degrés", notations arbitraires variant d'un pays à l'autre, étaient (et sont encore) très employées pour exprimer la dureté ou l'alcalinité des eaux. Leurs valeurs sont toujours rattachées aux liaisons électro-valenciennes reliant anions et cations. C'est ainsi que le degré français n'est autre que $1/5$ d'un milliéquivalent.

Cet exposé permet de comprendre deux points particuliers de notre travail :

a) - **Contrôle des analyses chimiques des ions principaux :** Dans nos eaux généralement neutres et dépourvues d'ions OH^- et H^+ libres, le total des cations doit correspondre au total des anions, en milliéquivalents. Nos résultats analytiques ont toujours été soumis à cette vérification et, d'une façon générale, nous avons toujours exigé une différence inférieure à 5 %.

- Dans quelques cas, tout à fait exceptionnels, d'eau très polluée, il n'est pas exclu que des éléments, autres que ceux recherchés systématiquement dans nos analyses, n'interviennent pas. Cette exigence n'a pas alors été respectée.

b) - **Notation choisie pour nos tableaux récapitulatifs :** L'expression des résultats en milliéquivalent est beaucoup moins familière à la plupart de nos lecteurs, que l'expression usuelle en milligrammes. Pour un hygiéniste utilisateur d'eau, ce qui l'intéresse est la concentration en ppm d'un élément donné. Pour un ingénieur d'assainissement, c'est surtout la charge de cet élément transporté par le cours d'eau, c'est-à-dire le nombre de milligrammes ou plutôt de kilogrammes ou de tonnes de tel élément véhiculé par seconde ou par 24 heures. Cette estimation est très facile à faire mentalement à partir d'un résultat exprimé en ppm, si l'on connaît le débit. Nous avons donc indiqué nos résultats en ppm, sauf dans deux cas : la dureté et l'alcalinité, où nous avons conservé la notation en degrés français. L'expression en degrés du titre hydrotimétrique est tellement usuelle que nous n'avons pas cru pouvoir nous soustraire à cet usage, et les relations entre cette dureté et l'alcalinité sont si étroites qu'on ne saurait adapter deux systèmes différents de notation pour l'une et l'autre.

Cependant, afin de faciliter les transformations d'unités, nous indiquerons dans les paragraphes suivants, pour chaque ion, les coefficients permettant de passer d'un système à l'autre.

1° - DURETE DE L'EAU : CALCIUM, MAGNESIUM - (Ions Ca^{++} et Mg^{++})

DEFINITION-TECHNIQUE DE DETERMINATIONS UTILISEES.-

On désigne sous le nom de dureté ou titre hydrotimétrique (T.H.) de l'eau, l'ensemble des cations métalliques, alcalins (Na et K) exceptés. Il en résulte, en pratique, que la dureté correspond aux cations alcalino-terreux (calcium et magnésium).

Les sels d'acide gras autres que les alcalins étant insolubles, leur précipitation permet le dosage classique de la dureté, par la liqueur de savon. Ce dosage consiste à ajouter à l'eau à analyser, une solution alcoolique titrée de savon. Tant qu'il y a dans le mélange réactionnel des sels métalliques autres que les alcalins, les sels d'acides gras précipitent, et une agitation de ce mélange ne provoque aucune formation de mousse. Dès qu'il y a un excès de savon, tous les sels d'acides gras non alcalins étant précipités, la mousse se produit et persiste.

Cette technique de dosage à la liqueur de savon est pratiquement abandonnée et nous avons employé une méthode complexométrique, au complexon III (sel disodique de l'acide éthylène-diamino-tétracétique ou E.D.T.A.), utilisant la propriété de ce corps - de donner avec les métaux alcalino-terreux des complexes non ionisés. L'ériochrome T, en milieu alcalin, donne une coloration rouge en présence de calcium ou de magnésium ionisés. Si l'on ajoute de l'E.D.T.A., il se forme un complexe E.D.T.A.-calcium, puis un complexe E.D.T.A.-magnésium. Si cette addition d'E.D.T.A. a lieu progressivement, les métaux sont peu à peu captés et, finalement la coloration rouge fait place à la coloration bleue caractéristique de l'indicateur en l'absence de calcium et magnésium ionisés.

Nous n'insisterons pas sur les détails de la technique, sur les interférences possibles, et sur la pratique complexométrique des dosages isolés de Ca et de Mg. On trouvera ces renseignements dans les ouvrages généraux, notamment "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER, p. 146, (29).

SIGNIFICATION.-

Le calcium et le magnésium qui constituent essentiellement la dureté de l'eau ne peuvent en eux-mêmes, pratiquement, être considérés comme des éléments perturbateurs de la santé humaine. Tout au plus, les effets laxatifs du magnésium à haute dose font que la législation française recommande (sans obligation formelle) de ne pas utiliser comme eau de boisson des eaux contenant plus de 125 mg/litre de cet élément. Or, ce taux n'est qu'exceptionnellement atteint dans nos rivières.

Nous n'avons donc pas, pour des raisons de simplification, déterminé séparément calcium et magnésium, mais la dureté d'ensemble conférée par ces deux métaux. Trop élevée, elle peut être un obstacle à l'utilisation domestique ou industrielle de l'eau. Le savon perd son pouvoir détersif dans une eau trop dure et les conséquences économiques, de ce fait, peuvent être importantes. La simple cuisson convenable des aliments peut être gênée par une eau trop dure. La législation française des eaux de distribution publique recommande, de préférence, de n'accepter que des duretés inférieures à 30 degrés français, 15° apparaissant comme le T.H. le plus acceptable.

La dureté peut être en relation avec la pollution des cours d'eau. HEINSEN (13) a montré que le carbonate de calcium du sol serait plus soluble en présence de protéines et des acides faibles résultant des oxydations des matières organiques. D'autre part, la dureté peut intervenir sur la biologie de la rivière et KLEIN (19) a montré que certains contaminants métalliques comme le zinc et le plomb seraient, pour le poisson, considérablement moins toxiques dans les eaux dures que dans les eaux douces.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Nos résultats sont exprimés, dans nos tableaux, en degrés français et arrondis au 1/10 de degré. Sauf dans les eaux particulièrement polluées où des interférences peuvent intervenir, une précision de 2 à 3 % peut être considérée comme normale, avec un minimum de 0,3 à 0,5 degré. La limite inférieure de sensibilité est de l'ordre de 1 degré.

- Un degré français = 0,200 milliéquivalent.
- 1 milliéquivalent de calcium = 20,04 mg.
- 1 milliéquivalent de magnésium = 12,16 mg.

Aux U.S.A., on exprime souvent la dureté en milligramme de CO_3Ca :

- Un degré français = 10 mg de CO_3Ca .

2° - ALCALINITE. TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET (T.A.C.) - - TITRE ALCALIMETRIQUE (T.A.) -

DEFINITIONS - TECHNIQUES DE DETERMINATION UTILISEES.-

L'alcalinité d'une eau correspond pratiquement aux alcalis libres, aux carbonates alcalins caustiques et aux bicarbonates. Elle peut être déterminée par une solution titrée d'acide minéral fort.

TITRE ALCALIMÉTRIQUE EN T.A.

L'addition d'une solution titrée d'acide minéral fort, à une eau jusqu'au pH de 8,3, ou jusqu'au virage de la phénolphthaléine, permet de déterminer l'alcalinité due aux alcalis libres et aux carbonates alcalins caustiques, désignée sous le titre de Titre Alcalimétrique, ou T.A.

TITRE ALCALIMÉTRIQUE COMPLET.

L'addition de nouvelles quantités d'acide fort, au-delà du virage précédent, déplace le CO_2 des bicarbonates. Mais le CO_2 , acide faible, est incapable d'abaisser le pH au-dessous de 5 ; lorsque tout le CO_2 est déplacé, une addition nouvelle d'acide fort abaisse brusquement le pH en-dessous de cette valeur. Le point final de la réaction peut être déterminé, soit à l'aide d'un indicateur coloré (généralement, on utilise le méthyl-orange qui vire de l'orange au rose pour un pH de 4,6 à 4), soit à l'aide d'un potentiomètre. Cette alcalinité, déterminée par le titrage d'acide fort en présence de méthyl-orange, est désignée sous le nom de Titre Alcalimétrique Complet, ou T.A.C.

BICARBONATES (CO_3H^-).

Il est exceptionnel que dans les eaux de rivières, il y ait une alcalinité correspondant aux alcalis libres et carbonates alcalins : le T.A. est nul dans ce cas ; le T.A.C. correspond pratiquement aux bicarbonates.

Il est possible, toutefois, qu'un corps inhabituel dans l'eau, doué de propriétés acides faibles, soit susceptible de fausser le dosage ainsi pratiqué et que le T.A.C. déterminé ne corresponde pas uniquement à la présence de bicarbonates. Nous ne retiendrons pas cette éventualité exceptionnelle.

Les détails techniques de la méthode de dosage suivie sont décrits dans "L'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER, p. 71, (29).

SIGNIFICATION.-

Les bicarbonates constituent généralement l'anion prédominant de l'eau. Ils ne posent aucun problème du point de vue hygiénique en tant qu'ions bicarbonatés. Mais leur rôle est essentiel, car la réserve d'alcalinité d'une rivière conditionne son pouvoir tampon. Nous avons vu que, pour être compatible avec la vie, ce pH devait être maintenu dans des limites bien déterminées. Or, nombreuses sont les causes de variations du pH : les matières organiques, dans les rivières, doivent être oxydées et il en résulte la formation de substances acides ; une conséquence analogue résulte de l'oxydation des sels ammoniacaux en nitrates. Par contre, la photo-synthèse, par les algues ou autres plantes, utilise le CO_2 des bicarbonates, ce qui entraîne une alcalinisation du milieu (KLEIN) (19) :

$$2 \text{CO}_3\text{H}^- \rightarrow \text{CO}_3^{--} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \quad \text{CO}_3^{--} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_3\text{H}^- + \text{OH}^-$$

Certains auteurs, comme WADDINGTON (31), ont pu constater dans des rivières riches en *Cladophora Glomerata* des élévations de pH atteignant 10,5 au milieu de l'après-midi, pour redescendre à 7,8 durant la nuit.

La réserve bicarbonatée de l'eau permet d'éviter les variations du pH résultant de ces faits. Il semble qu'un T.A.C. de 10 degrés français soit nécessaire pour atténuer utilement les variations.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Dans nos tableaux récapitulatifs, nous exprimons nos résultats de T.A.C. en degrés français, arrondis au 1/10 de degré. Entre 1 et 50°, les résultats peuvent être considérés comme reproductibles à 2 et 3 % près, avec un minimum de 0,5 degré dans nos conditions habituelles de dosage. Le minimum d'alcalinité décelable est de 1° :

- 1 degré français = 0,200 milliéquivalent = 12,2 mg de bicarbonate (CO_3H^-)
- 1 milliéquivalent de bicarbonate (CO_3H^-) = 61,02 mg.

Aux U.S.A., on exprime souvent l'alcalinité comme la dureté, en milligrammes de CO_3Ca :

- 1 degré français = 10 mg de CO_3Ca .

3° - CHLORURES -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Nous avons utilisé la classique méthode de MOHR, qui consiste à doser les chlorures, en milieu neutre, par une solution titrée de NO_3Ag , en présence de chromate de potassium comme indicateur de fin de réaction.

"L'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER, p. 118, (29) décrit cette technique. Il convient toutefois de signaler que, pour les eaux très peu riches en chlorures (moins de 30 mg/l), les calculs théoriques doivent être modifiés par un facteur de correction.

SIGNIFICATION.-

Les chlorures, aux doses où l'on est susceptible de les rencontrer pratiquement dans les eaux, sont sans influence sur la santé de l'homme et des animaux. Ils peuvent toutefois, quand ils dépassent une certaine concentration, entraîner des saveurs désagréables, ou donner à l'eau des propriétés corrosives. Aussi, la législation française recommande (sans l'imposer) de ne pas dépasser dans l'eau de boisson un taux supérieur à 250 mg/l. Les "normes européennes de l'O.M.S. applicables à l'eau de boisson" (27) fixent cette limite à 350 mg/l.

L'origine des chlorures dans les rivières est diverse : d'origine naturelle le plus souvent, les chlorures peuvent être amenés par des pollutions. La valeur de témoin de pollutions organiques, que l'on accordait jadis aux chlorures, est en réalité assez réduite. Il est bien évident toutefois que l'apport massif d'effluents organiques provenant par exemple, de porcheries, de fermes, dans un cours d'eau de faible débit, peut élever notablement les chlorures. Mais les pollutions massives par les chlorures sont, le plus souvent, d'origine industrielle. L'élimination des chlorures est très difficile et constitue une pollution gênante.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Dans nos tableaux récapitulatifs les résultats sont exprimés en mg/litre, arrondis au 1/10 de mg.

Dans nos conditions habituelles de dosage, nos résultats peuvent être considérés comme reproductibles à 2 à 3 % près, avec un minimum de 1 mg à 1,5 mg environ. Le minimum de chlorures décelable est de l'ordre de 2 à 3 mg par litre.

- 1 milliéquivalent de Cl- = 35,46 mg.

4° - SULFATES -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Nous avons utilisé la précipitation des sulfates, en milieu chlorhydrique, à l'état de sulfate de baryum et avons déterminé néphélométriquement l'importance du précipité ainsi obtenu, en le maintenant en suspension à l'aide de Tween 20. La technique détaillée est décrite dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER, p. 125, (29).

Le néphélomètre utilisé est un appareil Electro-Synthèse, type SP 3.

SIGNIFICATION.-

Les sulfates ne sont gênants, du point de vue hygiénique, que par les troubles "d'intoxication" gastro-intestinale qu'ils sont susceptibles de communiquer à certains consommateurs. Aussi, la législation française des eaux de distribution publique et les normes européennes de l'O.M.S. recommandent, comme teneur maximum en sulfate des eaux de boisson, 250 mg/litre.

L'origine des sulfates dans les rivières est souvent naturelle. Mais ils peuvent résulter d'une pollution industrielle. Dans des effluents privés d'oxygène dissous, des conditions de vie anaérobie peuvent se développer et les sulfates peuvent être réduits à l'état d'hydrogène sulfuré.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Dans nos tableaux récapitulatifs les résultats sont exprimés en mg/litre, arrondis au 1/10 de mg.

Les résultats, dans nos conditions habituelles de dosage, peuvent être considérés comme reproductibles à 5 ou 10 % près, avec un minimum de 1 mg. Le minimum de sulfate décelable est de l'ordre du milligramme.

- 1 milliéquivalent de $\text{SO}_4^{=}$ = 48,03 mg.

5° - SODIUM ET POTASSIUM -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Nous avons utilisé la photométrie de flamme, à l'aide du photomètre Electro-synthèse, type PH F 50. Les techniques sont décrites dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER, p. 162, (29).

SIGNIFICATION.-

Les cations alcalins, sodium et potassium, n'ont pratiquement pas d'inconvénient hygiénique aux doses où l'on est susceptible de les rencontrer dans les eaux de rivières.

La composition du sol en éléments alcalino-terreux d'une part, et alcalins d'autre part, joue un rôle dans le maintien de la perméabilité. Il est donc intéressant, pour l'eau destinée à l'irrigation, d'étudier les rapports réciproques de ces métaux. Parmi les différentes formules possibles, L. COIN propose comme élément (d'ailleurs non déterminant) de classification des rivières, en fonction de leurs possibilités d'utilisation, le coefficient d'absorption du sodium représenté par la formule $\frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}}$ ou Na, Ca et Mg, sont exprimés en milliéquivalents.

Afin de ne pas les surcharger, nous n'avons pas indiqué ce coefficient dans nos tableaux. Il sera facile à nos lecteurs intéressés par ce sujet, de l'établir à partir de la quantité de Na et du T.H. indiquée dans ces tableaux récapitulatifs.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Dans nos tableaux récapitulatifs les résultats sont exprimés en mg/litre, arrondis au 1/10 de mg. Les résultats, dans nos conditions habituelles de dosage, peuvent être considérés comme reproductibles à 5 % ou, à la rigueur, 10 % près, avec un minimum de 0,5 mg pour le sodium et de 0,20 pour le potassium.

Le minimum de Na^+ décelable est de l'ordre du milligramme, le minimum de K^+ décelable, de l'ordre de 0,30 à 0,50 mg.

- 1 milliéquivalent de Na^+ - 23 mg.
- 1 milliéquivalent de K^+ - 39,10 mg.

6° - IONS AZOTES -

Les anions azotés que l'on est susceptible de trouver dans l'eau sont les anions nitrates (NO_3^-) et nitrites (NO_2^-) et le cation ammonium (NH_4^+).

TECHNIQUES DE DETERMINATIONS UTILISEES.-

Les principes en sont les suivants :

- Les nitrates, en présence d'un réactif sulfophénolé, se transforment en dérivés nitrés du phénol qui, en milieu alcalin, donne une coloration jaune susceptible d'être dosée colorimétriquement.

- Les nitrites, en milieu chlorhydrique et en présence d'ions ammonium et de phénol, forment avec l'acide sulfanilique un complexe coloré en jaune susceptible d'être dosé colorimétriquement.

- L'ammoniaque décompose le réactif de Nessler à l'iodo-mercurate de potassium alcalin, avec formation d'iodure de dimercuriammonium qui permet le dosage colorimétrique des ions NH_4^+ .

Les détails des techniques que nous avons utilisées sont indiqués notamment dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER (29).

SIGNIFICATION.-

Il est classique de considérer la recherche et le dosage de ces anions azotés dans l'eau comme les éléments essentiels du contrôle chimique de la pollution et, notamment, de la pollution de nature organique. Cette notion est souvent insuffisante.

Ces corps azotés peuvent être décelés dans certaines rivières indépendamment de toute pollution organique, et parfois même de toute pollution au sens large de ce mot.

- Les sels ammoniacaux peuvent apparaître en grande quantité ; dans ce cas, ils sont généralement véhiculés par des effluents industriels, sans qu'il s'agisse de pollution par des matières organiques.

- Les nitrites peuvent se trouver dans des eaux très pauvres en oxygène. Certains processus naturels, comme l'oxydation des hydrocarbures, en profondeur, peuvent emprunter leur oxygène aux nitrates et, de ce fait, donner naissance à des nitrites.

- Les nitrates peuvent avoir une origine naturelle, ou provenir, dans les régions agricoles, d'un lessivage du sol enrichi par des engrais. Il n'est pas rare de pouvoir établir des corrélations entre la teneur en nitrates de certains cours d'eau et le développement de l'agriculture dans les régions avoisinantes.

Pendant, dans la majorité des cas, la présence en quantités notables de composés azotés est en rapport avec la pollution organique.

- L'ammoniaque, en particulier, en est presque toujours le témoin : qu'il s'agisse d'une pollution organique végétale, comme dans les eaux tourbeuses et marécageuses, organique animale comme dans les effluents domestiques, la décomposition des matières azotées aboutit à la formation d'ammoniaque. Cet ammoniaque est ultérieurement oxydé en nitrites, puis en nitrates, dernier stade de l'opération. La comparaison de la teneur d'un cours d'eau en sels ammoniacaux, avant et après la réception d'un effluent soupçonné riche en matières organiques, non entièrement épuré, est une bonne indication de cette épuración incomplète.

- Les nitrites proviennent généralement des métabolismes intermédiaires, de l'ammoniaque aux nitrates (ou au contraire des nitrates à l'ammoniaque). Leur présence sera donc, le plus souvent, l'indice d'une pollution organique encore en évolution ; il est utile de comparer leur taux à ceux des autres substances azotées et, notamment, des nitrates.

- Les nitrates, stade ultime de l'oxydation de l'ammoniaque, sont donc le corps azoté le plus abondant des effluents bien traités et, comme tel, peuvent passer en quantité importante dans les cours d'eau.

Quelque soit la signification de leur présence dans les rivières, ces corps azotés sont susceptibles d'y jouer un rôle biologique important.

- L'ammoniaque, en particulier, est toxique pour les poissons, mais cette toxicité est reliée à de nombreux autres facteurs, comme l'oxygénation, et l'état chimique de l'ammoniaque dans la rivière (l'ammoniaque non ionisé est beaucoup moins bien toléré que les ions NH_4^+ , sa présence est d'ailleurs exceptionnelle).

- Les nitrates peuvent jouer le rôle de donateur d'oxygène. Lorsque, particulièrement l'été, les taux d'oxygénation des rivières sont très bas, une pollution organique importante peut faire entièrement disparaître l'oxygène dissous. Les nitrates, cédant leur oxygène, peuvent éviter le développement d'une vie anaérobie qui se traduirait notamment par des odeurs putrides. Dans des conditions moins défavorables, l'oxygène peut, sans disparaître, diminuer suffisamment, en particulier dans les rivières chaudes, pour gêner la vie aquatique ; la présence de nitrates, qui stimulent la croissance des algues et des plantes vertes, facilite indirectement la photo-synthèse et la formation d'oxygène au sein de la rivière.

Un dernier point est à considérer concernant les composés azotés oxygénés : les nitrites et les nitrates sont des *poisons méthémoglobinisants*. En réalité, seuls les nitrites sont toxiques, les nitrates ne le deviennent qu'après réduction à l'état de nitrites. Cette réduction peut se faire notamment

par processus bactérien dans le liquide gastrique peu acide des nourrissons. Ces dernières années, de nombreux cas de cyanose ont été signalés chez des nourrissons alimentés avec de l'eau riche en nitrates.

Les conditions variables de la transformation des nitrates en nitrites rendent difficile la fixation d'une teneur limite en **nitrates**. Dans les "Normes européennes applicables à l'eau de boisson" (27), l'Organisation Mondiale de la Santé recommande de ne pas dépasser 50 mg/l. La législation française n'impose de limite que pour les eaux embouteillées et la fixe à 44 mg/l (soit 10 mg en N des NO_3^-).

Aucune teneur limite n'est fixée par la législation française pour les **nitrites**. Tout au plus, dans la discussion de l'interprétation des analyses chimiques (circulaire du 15/3/1962 relative aux instructions générales concernant les eaux d'alimentation et la glace alimentaire) (17), est-il indiqué qu'une "teneur en N nitreux supérieure à 0,10 mg/l peut faire soupçonner un apport d'eaux riches en matières organiques en voie d'oxydation" et que "cette concentration ne devrait pas être dépassée dans une eau profonde".

Aucune teneur limite n'est fixée par la législation française pour les **sels ammoniacaux**. Les "Normes européennes applicables à l'eau de boisson" recommandent de ne pas dépasser 0,5 mg (en NH_4^+) par litre.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Dans nos tableaux récapitulatifs les résultats sont exprimés en mg/litre, arrondis au 1/100 de mg. Les résultats, dans nos conditions habituelles de dosage dans les rivières, peuvent être considérés exacts dans la limite de 10 % et, le plus souvent, de 5 %.

Les quantités minima décelables avec certitude sont de l'ordre de 0,50 mg par litre pour les NO_3^- , de 0,02 mg par litre pour les NO_2^- et de 0,20 mg par litre pour l' NH_4^+ .

- 1 milliéquivalent de NO_3^- = 62 mg de NO_3^- , soit 14 mg d'N
- 1 milliéquivalent de NO_2^- = 46 mg de NO_2^- , soit 14 mg d'N
- 1 milliéquivalent de NH_4^+ = 18 mg de NH_4^+ , soit 14 mg d'N

IV - CRITERES CHIMIQUES SE RAPPORTANT AUX ELEMENTS DITS "INDESIRABLES" OU "TOXIQUES" ET ASSIMILES.

Remarque préliminaire : Dans un arrêté du 10 août 1961, la législation française des eaux de boisson réglemente les quantités présentes dans l'eau d'un certain nombre d'éléments dits "indésirables" (cuivre, fer, manganèse, zinc, composés phénoliques) ou "toxiques" (plomb, sélénium, fluorures, arsenic, chrome hexavalent ou cyanures). Un arrêté du 15 mars 1962 fixant les tarifs d'analyses pour les "dosages des éléments toxiques ou indésirables visés à l'arrêté du 10 août 1961, non seulement reprend les éléments énumérés ci-dessus mais, de plus, mentionne le 3-4-benzopyrène et les détergents. Bien que nulle part ailleurs dans la législation des eaux il ne soit fait mention de ces deux éléments, il est bien certain que leur étude présente un intérêt : le premier, en raison de ses propriétés cancérogènes et, les seconds, en raison des inconvénients qu'ils entraînent dans l'utilisation des eaux.

Tous ces éléments se distinguent des éléments étudiés précédemment du fait qu'on ne les trouve pas habituellement dans l'eau, ou en quantité minime, et qu'ils ne concourent que dans une très faible mesure à la ionisation de cette eau. Il arrive souvent, d'ailleurs, qu'ils soient liés à des substances organiques, ou sous forme d'oxydes insolubles en suspension. De toute façon, la balance ionique ne saurait permettre une vérification de leur dosage.

Par ce caractère de présence à l'état de trace, on peut rapprocher des éléments précédents le chlore libre et l'hydrogène sulfuré. Le chlore libre peut se trouver dans une eau de boisson puisqu'il est utilisé pour le traitement des eaux mais, dans nos rivières, sa présence provient généralement du déversement d'effluents domestiques ou industriels.

A l'exception du 3-4-benzopyrène dont la recherche systématique nous aurait posé des problèmes techniques importants et dont l'intérêt nous semble limité dans le cadre très général de notre étude, nous avons, dans nos analyses chimiques complètes, recherché et dosé tous les éléments précédents.

Dans la présentation de nos résultats, nous avons adopté les règles suivantes :

1° - L'hydrogène sulfuré et le chlore libre n'ont pratiquement jamais été retrouvés. Afin d'éviter de charger inutilement nos tableaux par des colonnes correspondant à ces éléments (non indiqués d'ailleurs officiellement dans les substances toxiques ou indésirables), nous ne les avons pas mentionnés. Les lecteurs voudront bien se souvenir que, chaque fois que les éléments toxiques ont été recherchés, le chlore libre et l'hydrogène sulfuré l'ont été également et que cette recherche a été négative, à moins qu'une indication spéciale ne signale les cas exceptionnels d'une présence.

2° - Le fer et le manganèse constituent parmi les substances indésirables un cas un peu particulier. On les trouve beaucoup plus souvent, à des taux relativement élevés, que les autres éléments indésirables. A ce titre, leur dosage fait partie des types courants d'analyses proposés par la réglementation française ; au contraire, la détermination des autres éléments toxiques ou indésirables n'entre dans la composition d'aucune analyse systématique. Aussi, dans nos tableaux récapitulatifs, les avons-nous mentionnés dans deux colonnes succédant aux colonnes des éléments étudiés précédemment.

3° - Les autres éléments ont été groupés dans 10 colonnes : les 9 premières, groupées sans séparation, correspondent aux éléments toxiques et indésirables désignés dans l'arrêté du 10 avril 1961 (sauf le fer et le manganèse) alors que la dernière, séparée, est réservée aux détergents. Nous devons distinguer spécialement ces détergents car nous ne les avons pas dosés aussi fréquemment que les autres éléments et, qu'en plus, aucune indication officielle n'étant donnée à leur sujet, leur absence, ou tout au moins leur limitation, n'a pas le caractère obligatoire présenté pour les autres éléments toxiques ou indésirables.

Afin de ne pas surcharger ces tableaux par des nombres à nombreuses décimales, afin de faciliter également la perception immédiate par le lecteur de l'ordre de grandeur ou la présence éventuelle d'un toxique, nous n'avons, dans ces colonnes, porté que des signes.

Pour la désignation de ces signes, deux quantités ont été retenues :

a) - La limite de tolérance légale qui est variable pour chaque élément. Toutes les fois que cette limite est dépassée, nous le signalons par la présence d'une croix (+) dans la colonne correspondant à l'élément considéré.

b) - Le seuil de détermination analytique quantitative : c'est, pour chaque élément, le seuil à partir duquel nous estimons qu'il est possible d'effectuer un dosage avec la précision normale exigible de la méthode choisie. Nous indiquons par la lettre P (présence) les taux de l'élément compris entre la limite de tolérance légale et ce seuil de détermination analytique quantitative.

Au-dessous de ce seuil, une réaction peut être insuffisante pour permettre un dosage précis, mais théoriquement suffisante pour caractériser qualitativement l'élément recherché. En réalité, il

s'agit toujours de doses très faibles et, dans des milieux pollués comme ceux des rivières, des interférences sont toujours possibles. Aussi, avons-nous préféré, pour de tels cas, utiliser comme notation un point d'interrogation (?) qui laisse planer un doute sur la présence réelle de l'élément.

Enfin, quand, au-dessous du seuil de détermination qualitative précédent, aucune réaction ne se manifeste, nous avons utilisé comme signe le chiffre 0.

En somme, nos tableaux résumés permettent de juger d'un coup d'œil la teneur d'une rivière en éléments toxiques ou indésirables d'après cette représentation abrégée, se traduisant par 4 signes :

- + (quantité importante non tolérable dans une eau de boisson) ;
- P (présence nette, mais sans caractère net de gêne ou de toxicité) ;
- ? (présence douteuse et, de toute façon, très faible) ;
- 0 (absence certaine).

L'aspect général d'une rivière étant jugé d'un coup d'œil, il peut être intéressant de connaître le taux réel de l'élément toxique ou indésirable. Aussi, l'avons-nous indiqué en dehors des cadres des tableaux, toutes les fois qu'un élément dépasse les taux de tolérance légale (cas indiqué par le signe +) ou qu'il se rapproche de ces taux (chiffres correspondant à P, mais relativement élevés et proches de +).

1° - ELEMENTS INDESIRABLES -

- FER -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Elle est basée sur la détermination photométrique de la coloration rouge-brun donnée par le fer trivalent en présence de sulfocyanure de potassium. Pour être maintenu à l'état trivalent jusqu'au moment du dosage, le fer doit être stabilisé lors de son prélèvement par de l'acide chlorhydrique. Sinon, il doit être réoxydé avant l'addition du sulfocyanure. La technique suivie est celle décrite dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER, p. 210, (29). La seule différence, dans notre mode opératoire, est que nous avons utilisé le perhydrol en milieu chlorhydrique comme oxydant, au lieu du persulfate de potassium en milieu sulfurique.

SIGNIFICATION.-

Si, dans les rivières, le fer peut avoir une origine tellurique, le plus souvent, cependant, il provient de pollutions minières ou métallurgiques, surtout lorsque ces effluents sont de pH bas. Lorsque la rivière a un pH alcalin, le fer a tendance à précipiter et à donner des dépôts d'hydrate de fer brun qui tapissent le fond et le bord, nuisent au développement normal de la flore ou de la faune, et augmentent notablement la teneur des matières en suspension et le trouble des rivières.

Du point de vue de son utilisation, si l'on peut admettre qu'une eau ferrugineuse ne présente pratiquement pas d'inconvénient hygiénique proprement dit, il n'en est pas moins vrai qu'une telle eau n'est guère apte aux usages domestiques et industriels : elle peut présenter un goût désagréable, donner des dépôts de rouille au lavage, faciliter la prolifération des bactéries ferrugineuses, etc...

La législation française des eaux de boisson impose comme limite : 0,2 mg/litre. Les Normes européennes de l'O.M.S., applicables à l'eau de boisson, sont plus sévères : elles ne tolèrent que 0,1 mg/litre.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Les résultats sont exprimés en mg/litre, arrondis au 1/100 de mg. Les résultats, dans nos conditions habituelles de dosage, peuvent être considérés comme reproductibles à 5 % près, avec un minimum de 0,05 mg.

Le minimum de fer décelable est de l'ordre de 0,04 mg.

- 1 milliéquivalent de Fe^{++} = 27,9 mg.

La tolérance légale dans l'eau de distribution publique est de 0,2 mg/l.

- MANGANESE -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Nous avons utilisé la méthode consistant à oxyder le manganèse à l'aide de persulfate d'ammonium en milieu acide. Si cette réaction est peut-être moins sensible que certaines autres, elle a l'avantage de conduire à la formation de permanganate que l'on peut doser colorimétriquement et dont la coloration est spécifique du manganèse. La description de cette technique est donnée par les "Standard Methods" (3).

SIGNIFICATION.-

Pas plus que le fer, pour les doses où, en pratique, on peut le rencontrer dans l'eau, le manganèse n'est susceptible d'être considéré comme un toxique. Mais, de même que le fer, il peut précipiter et augmenter la turbidité, donner des odeurs et des saveurs désagréables à l'eau, tacher le linge et la plomberie. Il peut également donner des dépôts dans les canalisations et favoriser le développement de micro-organismes. Les "Normes européennes applicables à l'eau de boisson" de l'O.M.S. (27) recommandent de ne pas dépasser le taux de 0,1 mg/litre. Il en est de même de la législation française.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Les résultats sont exprimés en mg/litre, arrondis au 1/100 de mg. Les résultats, dans nos conditions habituelles de dosage, peuvent être considérés comme reproductibles à 10 % près, avec un minimum de 0,05 mg/litre.

Le minimum de manganèse décelable est de l'ordre de 0,05 mg.

- 1 milléquivalent de Mn^{++} = 27,5 mg.

La tolérance légale dans l'eau de distribution publique est de 0,1 mg/l.

- CUIVRE -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Dans ce cas, nous avons utilisé le dosage photo-colorimétrique de la coloration brune donnée avec les sels de cuivre par le dichthyldithiocarbamate de Na. Cette technique est décrite dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER, p. 207, (29).

Le cuivre étant rarement trouvé dans les eaux de rivières, nous avons (sauf dans certains cas où nous soupçonnions une pollution particulière) utilisé une technique de dépistage rapide commune au cuivre et au plomb. Nous décrivons cette technique au paragraphe réservé au plomb. Elle permet de détecter 0,05 mg de cuivre par litre. Quand cette technique nous a montré la présence de cuivre, nous avons procédé à un dosage plus précis.

SIGNIFICATION.-

La présence de cuivre dans les rivières provient généralement de pollution industrielle. Cet élément modifie profondément la biologie de la rivière : toxique pour le poisson, les algues et les autres végétaux, il est inhibiteur pour les oxydations biologiques et provoque une diminution de la D.B.O.

Dans les eaux de distribution publique, le cuivre peut provenir de la tuyauterie ou de l'appareillage. Les "Normes européennes applicables à l'eau de boisson" de l'O.M.S. (27) recommandent les taux limites de 0,05 mg/l à la station de pompage et 3 mg après 16 heures de contact avec des canalisations neuves.

La législation française limite la présence de cuivre, dans les eaux de distribution publique, à 1 mg/litre.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Les résultats sont exprimés selon les indications générales données ci-dessus. La limite de tolérance légale est de 1 mg/litre (au-dessus de ce taux, le signe + est utilisé). Nous avons fixé le seuil de détermination analytique quantitatif à 0,050 mg/litre en raison surtout de l'utilisation de notre technique de dépistage, car la technique précise permettrait de fixer ce seuil à 0,010 et d'obtenir une précision $\pm 5\%$ au-dessus de cette limite.

- 1 milliéquivalent de Cu^{++} = 31,3 mg.

- ZINC -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Nous avons utilisé la réaction turbidimétrique résultant de l'action sur les sels de zinc du ferrocyanure de potassium.

La technique suivie est celle décrite dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER, p. 221, (29). Elle a l'inconvénient d'être sujette à des interférences nombreuses, notamment de la part du fer et du cuivre.

SIGNIFICATION.-

En pratique, le zinc ne se trouve pas dans les eaux naturelles, et sa présence dans les rivières résulte toujours d'une pollution industrielle : eaux résiduaires de mines de zinc et d'industries utilisant le zinc : galvan-

plastie, visqueuse, caoutchouc, etc... Le zinc, dans les cours d'eau, est susceptible de modifier les caractères biologiques en raison de sa toxicité sur les poissons et de ses pouvoirs inhibiteurs sur les oxydations biologiques qui amènent une diminution de la D.B.O.

Dans l'eau de boisson, la présence de zinc peut donner une saveur astringente et, à forte dose, des opalescences et des dépôts sableux dans les canalisations.

Les "Normes européennes applicables à l'eau de boisson" (27) et la législation française des eaux de distribution publique s'accordent pour fixer le maximum tolérable à 5 mg/litre.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Les résultats sont exprimés selon les indications générales données ci-dessus. La limite de tolérance légale est de 5 mg/litre (au-dessus de ce taux, le signe + est utilisé). Nous avons fixé le seuil de détermination analytique quantitative à 0,500 mg/litre. La précision au-dessus de cette limite est de l'ordre de 5 à 10 %. Le minimum de sensibilité (seuil de détermination analytique qualitative) peut être estimé à 0,300 mg/litre.

- 1 milliéquivalent de Zn^{++} = 32,7 mg.

- COMPOSES PHENOLIQUES -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Nombreuses sont les techniques proposées pour les dosages de phénol : la difficulté est d'en trouver une suffisamment générale pour détecter, sinon la totalité des corps phénoliques, du moins le plus grand nombre possible, et suffisamment sensible pour les déceler à des taux très faibles.

Nous avons utilisé la méthode au 4-amino-antipyrine, technique en quelque sorte officielle puisqu'elle est décrite dans les textes concernant les effluents industriels.

Elle utilise la réaction des composés phénoliques en solution alcaline avec le 4-amino-antipyrine, en présence d'un agent oxydant comme le ferricyanure de K, réaction qui conduit à l'obtention d'une coloration rouge que l'on peut déterminer photométriquement. La sensibilité peut être augmentée, en concentrant le produit colorant dans le chloroforme. Le dosage est pratiqué, soit directement sur l'eau, soit après distillation. Sauf dans le cas de cours d'eau particulièrement pollué, nous avons toujours utilisé le dosage direct.

Si cette réaction se produit avec les phénols et les dichloro-phénols, donc permet de révéler un éventail large de corps phénoliques, elle se produit également en présence de certaines amines aromatiques. Par contre, certains phénols contenant les groupements alkyl, aryl, nitré, ou d'autres groupements en para, ne réagissent pas. Il convient, en outre, de s'assurer de l'absence dans l'eau d'oxydants ou de réducteurs, ainsi que de substances réagissant avec le ferricyanure. Enfin, l'intensité dans la coloration varie avec les phénols présents, et l'expression des résultats est indiquée sous la forme d'une valeur moyenne établie à partir du phénol lui-même.

Les solutions diluées de phénol se décomposant rapidement, il est préférable d'effectuer l'analyse dans les 6 heures succédant au prélèvement ou de stabiliser les réactions biologiques par l'addition de 1 gramme de sulfate de cuivre par litre, ce qui permet de différer le dosage de quelques jours.

SIGNIFICATION.-

Si l'organisme humain élimine des phénols que l'on peut théoriquement retrouver dans des effluents domestiques, ces phénols sont, en réalité, rapidement détruits par les bactéries qui les accompagnent. L'origine de la présence des phénols dans les cours d'eau est donc essentiellement industrielle. Mais ces phénols sont aussi dégradés par des processus biologiques en présence de micro-organismes. Ils le sont d'autant mieux que ces micro-organismes sont plus abondants, c'est-à-dire trouvent dans le milieu un matériel nutritif approprié (phosphore et azote sous une forme assimilable). Les phénols sont donc plus rapidement détruits dans les eaux polluées que dans les eaux propres. Ils se dégradent mieux également à 20° qu'à 4 ou 5°.

Présents dans une rivière, les phénols peuvent en modifier la biologie : il est rare de trouver du poisson dans des eaux contenant plus de 0,2 mg/litre de phénol. Dégradables par voie biologique, ils augmentent la D.B.O. de l'eau qu'ils polluent. Cependant, inhibant partiellement les micro-organismes, ils entraînent finalement une augmentation plus faible de cette D.B.O. que de l'oxydabilité au permanganate, correspondant à une oxydation purement chimique.

Au point de vue hygiénique, aux doses où l'on peut généralement les trouver, les phénols ne présentent pas de danger, mais leur présence dans une eau de boisson chlorée entraîne la formation de chlorophénols, d'odeur forte, qui sont un obstacle à la consommation de l'eau.

Les "Normes européennes applicables à l'eau de boisson" recommandent de ne pas dépasser la teneur de 0,001 mg/litre. La législation française interdit la présence de phénol.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Les résultats sont exprimés selon les indications générales données ci-dessus. Aucune limite de tolérance légale n'existant, toute présence de phénol est signalée par le signe (+). Le minimum de sensibilité de notre méthode peut être fixée à environ 0,020 à 0,010 mg/litre.

2° - ELEMENTS TOXIQUES -

- PLOMB -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Notre technique de référence consiste à séparer le plomb à l'état de dithizonate de plomb et à doser ce dernier photocolorimétriquement. Cette technique est décrite dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de

J. RODIER (29). L'inconvénient majeur de cette technique consiste en la longueur de la séparation du dithizonate de plomb des autres dithizonates de métaux lourds, séparation qui exige de longs lavages à des pH variés.

Le plomb étant très rarement trouvé dans les rivières, nous avons presque toujours (sauf dans le cas d'eaux particulièrement polluées) utilisé une technique simplifiée, décrite par ABBOT (1), qui permet un dosage rapide du cuivre et du plomb.

Lorsque la présence du plomb est révélée par ce test rapide, un dosage est réalisé par la technique de référence.

SIGNIFICATION.-

Normalement, on ne trouve pas de plomb dans les rivières. Il peut y provenir, véhiculé par des effluents en provenance de mines de plomb, d'industries d'accumulateur, de peinture, de manufactures d'étain, etc...

Au stade de la distribution, l'eau, surtout si elle est douce et acide, peut se charger de plomb dans les tuyauteries faites de ce métal.

C'est un élément toxique qui peut se fixer dans l'organisme et donner des intoxications chroniques.

La législation française et les "Normes européennes applicables aux eaux de boisson" de l'O.M.S. admettent comme limite de tolérance 0,100 mg/litre.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Les résultats sont exprimés selon les indications générales données précédemment. La limite de tolérance légale est de 0,100 mg/litre (au-dessus de ce taux, le signe + est utilisé). Nous avons fixé le seuil de détermination analytique quantitative à 0,010 mg/litre, limite de sensibilité de notre technique de dépistage rapide, les quantités supérieures étant déterminées à l'aide de la technique de référence à $\pm 0,005$ mg près.

- 1 milliéquivalent de Pb^{++} = 103,6 mg.

- SELENIUM -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Nous avons utilisé une technique basée sur la formation d'un complexe coloré en jaune "piazzelenol" avec le 3-3-diamidobenzidine, que l'on dose colorimétriquement. Cette technique est décrite par MAGIN, THATCHER, RETTING et LEVINE (25).

SIGNIFICATION.-

Le selenium peut se trouver dans le sol de certaines régions et l'eau peut s'en charger, mais il peut provenir d'effluents d'industries utilisant cet élément (industries des cellules photo-électriques, par exemple). C'est un élément toxique, et la législation française, comme les "Normes européennes applicables à l'eau de boisson", fixent la teneur maximum à 0,050 mg/litre.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Les résultats sont exposés selon les indications générales données précédemment. La limite de tolérance légale est de 0,050 mg/litre (au-dessus de ce taux, le signe + est utilisé). Nous avons fixé le seuil de détermination analytique quantitative à 0,010 mg/litre. Au-dessus, nous estimons les résultats reproductibles à 10 % près. C'est également le seuil de détermination analytique qualitatif.

- 1 milliéquivalent de Se - 39,5 mg.

- FLUOR -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Les méthodes usuelles de dosage du fluor utilisent son action sur la laque alizarine-zirconium. Les plus précises de ces méthodes font précéder cette détermination finale d'une distillation de la liqueur fluorée en présence d'acide perchlorique, à température et débit très contrôlés. Mais la difficulté de cette distillation la rend peu apte aux dosages en séries, d'autant que son exécution imparfaite pourrait entraîner des erreurs enlevant tout intérêt à cette méthode.

Nous avons donc utilisé la réaction directe sans distillation, basée sur la réaction suivante : un sel soluble de zirconium agissant sur l'alizarine sulfonate de sodium donne un complexe rouge violacé qui vire au jaune sous l'influence de divers acides et, en particulier, de l'acide fluorhydrique.

La technique est décrite dans la thèse de M. THEVENARD (30).

SIGNIFICATION.-

Le fluor est normalement contenu dans les eaux naturelles, mais à dose faible, de l'ordre de 1/10 de milligramme. Il peut avoir une origine industrielle apportée par les effluents des usines de traitement de bauxite, des usines d'engrais, des établissements de gravures sur verre, etc...

Son rôle hygiénique a fait l'objet de nombreux travaux ; si l'on admet que des quantités faibles de fluor permettent d'éviter la carie dentaire, des doses trop élevées pourraient entraîner des troubles importants et la législation française, le considérant comme une substance toxique, limite sa présence à 1 mg/litre. Les "Normes européennes applicables à l'eau de boisson" (27) ne le considèrent pas comme toxique, mais en fixent la teneur maximum à 1,5 mg/litre.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Les résultats sont exposés selon les indications générales données précédemment. La limite de tolérance légale est de 1 mg/litre (au-dessus de ce taux, le signe + est utilisé).

Nous avons fixé le seuil de détermination analytique quantitative à 0,200 mg/litre, mais au-dessus de ce taux, si l'estimation correcte colorimétrique est possible, on peut cependant, dans les conditions où nous avons opéré (sans distillation), avoir des interférences. Aussi, avons-nous précisé la lettre "P" (correspondant à une présence entre 1 mg et 0,200 mg) par une

indication quantitative précise, que lorsque le taux atteint ou dépasse 0,500 mg/litre. Le seuil de détermination analytique peut être fixé à 0,100 mg.

- 1 milliéquivalent de F^- = 39 mg.

- ARSENIC -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Nous avons utilisé la technique classique de CRIBIER, modifiée par GRIFFON et décrite dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER (29). Cette technique consiste à réduire les composés oxygénés de l'arsenic à l'état d'hydrogène arsenié, par l'hydrogène naissant en milieu acide. L'hydrogène arsenié se dégage et colore un papier sensibilisé par du bichlorure de mercure. La coloration est accentuée et fixée par un bain d'iodure de K, et le dosage obtenu par comparaison à une échelle étalon.

SIGNIFICATION.-

L'arsenic peut être trouvé dans les effluents industriels, de tannerie par exemple.

Il n'est pas interdit de penser que les quantités de sels d'arsenic employés actuellement en agriculture pour les traitements antiparasitaires, peuvent amener la présence de cet élément dans les eaux de rivières.

L'arsenic est un élément très toxique, susceptible de se fixer lentement et d'occasionner de graves empoisonnements. Les "Normes européennes applicables à l'eau de boisson" (27) limitent la teneur en arsenic à 0,2 mg/litre, alors que la législation française n'en tolère que 0,05 mg/litre.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Les résultats sont exposés selon les indications générales données précédemment. La limite de tolérance légale est de 0,050 mg/litre (au-dessus de ce taux, le signe + est utilisé).

Nous avons fixé le seuil de détermination analytique quantitative à 0,010 mg/litre ; au-dessus de ce seuil, les déterminations peuvent être considérées comme reproductibles à 0,005 mg près.

Le seuil de détermination analytique qualitative peut être fixé à 0,001 ou 0,002 mg/litre.

- CHROME HEXAVALENT -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Nous avons utilisé la réaction que donne, en solution légèrement acide, le chrome hexavalent avec la diphénylcarbazide : il se forme une coloration rouge-violette susceptible d'être dosée colorimétriquement.

La technique est décrite dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER (29).

SIGNIFICATION.-

Le chrome ne se trouve pas à l'état naturel dans l'eau. Il provient généralement des effluents de diverses industries, entre autres de galvanoplastie et de tannerie. C'est un élément très toxique, modifiant considérablement la biologie des rivières et inhibant les processus biologiques de la D.B.O. Aucune tolérance n'est accordée, en pratique, par la législation française (qui précise : dose inférieure au seuil de détermination analytique). Les "Normes européennes applicables à l'eau de boisson" (27) tolèrent 0,050 mg par litre.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Les résultats sont exposés selon les indications générales données précédemment. Aucune tolérance légale n'existant, toute présence de chrome est signalée par le signe +. Le seuil analytique quantitatif peut être estimé à 0,020 mg/litre et, au-dessus de ce taux, les résultats semblent généralement reproductibles de $\pm 0,005$ à $\pm 0,010$ près. Le seuil analytique qualitatif peut être estimé à 0,005 mg/litre.

- 1 milliequivalent de Cr^{+++++} = 8,6 mg.

- CYANURES -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Elle consiste à provoquer la formation de ferrocyanure de fer (bleu de Prusse) à partir des cyanures distillés d'une importante quantité d'eau.

Après distillation de 1 à 2 litres d'eau, sur acide tartrique, dans un appareil en verre pyrex, on récolte environ 40 ml dans une éprouvette graduée contenant de l'eau distillée et 0,2 ml de NaOH N/4. On ajoute alors 2 ml de sulfate ferreux en solution à 5 %. Après 5 minutes, on acidifie par 4 ml de SO_4H_2 1/4. On complète à 50 ml et, 10 minutes après l'addition de sulfate ferreux, on colorimètre la coloration formée. On compare celle-là avec les colorations obtenues à l'aide d'un gamme étalon de cyanures de potassium.

SIGNIFICATION.-

Les cyanures, absents des eaux naturelles, peuvent y parvenir avec les effluents des industries de galvanoplastie, des eaux de lavage de hauts fourneaux et de cokeries... Leur dégradation dans l'eau est rapide et le dosage doit être fait immédiatement après le prélèvement. Très toxiques pour le poisson, ils modifient intensément la biologie de la rivière. La législation française ne tolère que des "doses inférieures au seuil de détermination analytique", c'est-à-dire n'accorde aucune tolérance, ce seuil n'étant pas déterminé. Les "Normes européennes applicables aux eaux de boisson" (27) acceptent 0,01 mg/litre.

Notation dans nos tableaux récapitulatifs - Indications diverses : Les résultats sont exposés selon les indications générales données précédemment. Aucune tolérance n'étant accordée, toute présence de cyanure est signalée par le signe +. Le seuil quantitatif de la méthode choisie est assez élevé : on peut l'estimer à 0,050 mg/litre.

Le seuil de détermination qualitative est à peine inférieur.

- 1 milliéquivalent de Cn^- = 26 mg.

3° - ELEMENTS ASSIMILES AUX ELEMENTS "INDESIRABLES" OU "TOXIQUES"

- CHLORE LIBRE -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Nous avons utilisé la réaction consistant à ajouter de l'orthotolidine qui, en présence de chlore libre, donne une coloration jaune dosable colorimétriquement.

Cette réaction est décrite dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER (29).

SIGNIFICATION.-

On ne trouve pas normalement de chlore libre dans les rivières. Il provient d'effluents domestiques ou industriels renfermant des désinfectants chlorés. Bien entendu, il peut, avant d'être détruit, modifier considérablement la biologie de la rivière.

Notation dans nos résultats : Comme nous l'avons signalé ci-dessus, nous avons pratiqué la recherche du chlore libre toutes les fois que nous avons effectué une analyse complète. Etant donné l'absence presque générale de cet élément, nous n'avons mentionné sa présence éventuelle que dans le texte.

La limite de sensibilité de la méthode est de l'ordre de 0,01 mg/litre.

- HYDROGENE SULFURE -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

Nous avons utilisé une technique simple, mais peu sensible, consistant à ajouter de l'iode N/10 à 50 ml de l'eau à analyser, en présence d'empois d'amidon. En l'absence de coloration après addition d'une goutte, on rajoute de l'iode N/10 jusqu'à coloration bleue. On dose ainsi l'ensemble de l'hydrogène sulfuré, des sulfures et des thiosulfates : une goutte d'iode N/10 correspond à environ 2 mg de S par litre.

SIGNIFICATION.-

L'hydrogène sulfuré peut exceptionnellement être trouvé dans des eaux naturelles (eaux minérales sulfureuses, par exemple). Le plus souvent, dans les cours d'eaux, il provient soit d'eaux usées domestiques, soit d'eaux industrielles (tannerie, industrie de la viscose, teinturerie, raffineries, etc...).

Notation dans nos résultats : Nous avons procédé comme pour le chlore libre.

- DETERGENTS ANIONIQUES -

TECHNIQUE DE DETERMINATION UTILISEE.-

La presque totalité des détergents utilisés dans les usages domestiques et industriels étant des détergents anioniques, seuls ceux-ci ont retenu notre attention.

La méthode classique de dosage est celle de LONGWELL et MANIÈCE (23), qui consiste à photocolorimétrer la coloration du complexe, soluble dans le chloroforme, obtenu entre les détergents anioniques et le bleu de méthylène.

La technique est relativement longue, car l'on procède à des lavages en milieu acide et alcalin pour éviter des interférences dues aux protéines, aux chlorures, aux nitrates et aux thiocyanates.

Comme, d'autre part, il est nécessaire de doser les détergents rapidement après le prélèvement afin d'éviter leur dégradation (et que cette règle s'imposait à nous vis-à-vis de nombreux autres éléments), nous avons été amenés à utiliser le plus souvent une technique simplifiée, due à MAC QUINE, KENT, MILLER et PAPENMEIER (24).

Elle utilise non plus le bleu de méthylène, mais le bleu de toluidine, et ne comporte que des lavages acides. Elle est donc susceptible, à priori, de donner des résultats plus élevés par suite d'interférences. Les cas où nous avons contrôlé cette méthode par celle de LONGWELL ne nous ont cependant, en général, pas permis de noter des différences très significatives.

Les résultats, dans l'une et l'autre de ces méthodes, sont exprimés par rapport à un détergent pris comme étalon. En réalité, les différents détergents anioniques utilisés peuvent donner des colorations très diverses avec le bleu de méthylène. Nous avons pris comme produit de références, pour étalonner nos courbes, le "Teepol".

SIGNIFICATION.-

D'origine domestique ou industrielle, les effluents riches en détergents peuvent perturber gravement l'équilibre biologique des milieux récepteurs : toxicité à l'égard des poissons et de la microflore ou microfaune, production de mousse abondante en surface avec gêne de l'oxygénation dans les cas extrêmes.

Notation dans nos résultats - Indications diverses : Nous avons exprimé nos résultats comme pour les substances dites toxiques ou indésirables. Mais, aucune référence officielle n'existant, nous avons dû estimer par analogie une valeur correspondant à la limite de tolérance. D'après les différents travaux publiés sur ces questions et résumés dans une monographie de CEREDOC (21), la dose de détergents que l'on peut estimer tolérable dans une rivière varie de 0,500 à 1 mg. Etant donné la sévérité générale des règlements français, nous avons affecté le signe (+) aux taux supérieurs à 0,500 mg.

Le seuil de détermination analytique quantitative, d'après la méthode simplifiée utilisée, peut être fixée à 0,200 mg/litre, alors que le seuil de détermination analytique qualitatif peut être évalué à 0,050 mg/litre.

Les déterminations par la méthode simplifiée, dans nos conditions d'expérience, semblent reproductibles à 0,050 ou 0,100 mg près.

La méthode colorimétrique décrite dans les "Standard Methods" (3) et dérivée de celle de LONGWELL permet d'obtenir les précisions suivantes : "un échantillon synthétique, obtenu avec 0,400 mg/l d'A.B.S. (alkyl-benzène-sulfonate) dans de l'eau distillée, fut déterminé avec une déviation standard de $\pm 0,050$ mg/l par 40 laboratoires (26 analystes reproduisent leurs résultats à moins de $\pm 0,010$ mg/l). A une rivière inconnue, on ajoute de l'A.B.S. à concentration de 1,31 mg/l : il fut déterminé avec une déviation standard de $\pm 0,250$ par 40 laboratoires (26 analystes reproduisant leurs propres résultats à $\pm 0,030$ mg/l).

V - CRITERES BACTERIOLOGIQUES

En pratique, une eau de rivière n'est jamais dépourvue de germes bactériens. Cette présence ne doit pas cependant gêner l'utilisation ultérieure de cette eau.

Les exigences sont variables suivant l'utilisation de l'eau : la boisson (aucun germe de pollution fécale n'est toléré), la baignade et usages analogues (une certaine tolérance est autorisée), etc... En fait, une purification bactériologique est toujours possible et, dans certains pays, on utilise des eaux très polluées, après avoir été soumises à une épuration poussée. Aussi, la constatation d'une pollution bactérienne dans une eau est-elle moins gênante par la présence de bactéries que par sa signification : elle signale une pollution d'origine fécale, pouvant se manifester sous forme virale aussi bien que bactérienne.

Il est classique de considérer comme germe témoin essentiel de pollution fécale : les *Escherichia coli* ; presque aussi caractéristiques, sont les *Streptocoques fécaux*. Moins importants, sont les germes dits coliformes dont certaines espèces se trouvent plus souvent dans le sol et les eaux que dans les intestins de l'homme et des animaux.

Ce sont ces trois groupes de germes que nous avons recherchés.

Les renseignements concernant les techniques d'identification de ces germes sont donnés d'une façon très détaillée dans la circulaire du 21 janvier 1960 relative aux méthodes d'analyses bactériologiques des eaux d'alimentation, parue au Journal Officiel du 15 mars 1960 (17).

Nous avons utilisé une méthode bactériologique rapide : *la méthode par filtration sur membranes*.

Pour chaque prélèvement, nous avons fait trois prises d'essai correspondant à des quantités d'eau variables, selon l'état supposé de la rivière, et s'étageant généralement de 2 ml pour les rivières polluées à 50 ml pour les rivières propres. Chaque membrane permet la lecture, au maximum, d'environ 200 colonies caractéristiques. Nous pouvons donc, pour un ensemencement de 2 ml, faire une estimation allant jusqu'à 10.000 germes par 100 ml et, pour un ensemencement de 50 ml, de 2 à 400 germes. Chacune des 3 membranes ensemencées est alors mise sur une boîte de milieu nutritif : deux sur le milieu de Chapman modifié par Buttiaux, et la troisième sur milieu de Slanetz et Bartley. Cette dernière boîte est incubée à 37°, ainsi que l'une des boîtes du milieu de Chapman ; la deuxième boîte de ce milieu est placée à 44°.

Les lectures sont faites ainsi :

- Sur milieu de Slanetz-Bartley : sont considérées comme des colonies de *Streptocoques fécaux*, toutes les colonies rouges violacées poussant en 48 heures. En réalité, une cause d'erreur est, sinon fréquente, du moins possible, du fait de la présence de staphylocoques.

- Sur milieu de Chapman modifié par Buttiaux, placé à 44°, toutes les grosses colonies jaunes et jaune orangé sur halo jaune, poussant en 24 heures, sont considérées comme des colonies d'*Escherichia coli*. Aucune autre culture, ni aucune vérification par test de Mackenzie, Taylor, Gilbert, ne fut effectué. En réalité, les causes d'erreurs existent, mais sont assez limitées.

- Sur milieu de Chapman placé à 37°, les mêmes colonies que celles décrites ci-dessus, poussant en 24 heures, sont considérées comme des coliformes. Dans cette estimation, beaucoup plus de causes d'erreurs se glissent que dans les estimations précédentes. Nombreuses sont les colonies de germes d'autres groupes qui peuvent interférer, laissant la lecture des boîtes très difficiles. Aucun réisolement, aucune identification n'est poursuivie, aucune recherche d'oxygène n'est exécutée. Aussi, l'expression de "coliforme", que nous avons placée dans la colonne correspondante de nos tableaux résumés, doit être interprétée simplement dans le sens de colonies ne réduisant pas le triphényl-tetrazolium et fermentant le lactose du milieu de Chapman modifié par Buttiaux.

Aussi, considérons-nous cette enquête bactériologique comme une enquête d'appoint très sommaire. Les résultats devront être interprétés beaucoup moins en valeur absolue que par comparaison les uns aux autres. Dans cette optique, on constate des différences très sensibles et, à notre avis, très valables, dans la pollution bactériologique des rivières et l'on peut parfois apprécier l'auto-épuration qui s'y manifeste.

VI - CONCLUSION

Dans ces recherches, nous avons cherché à discuter l'intérêt des nombreux critères proposés ; il est possible de rapprocher certains d'entre-eux à des types de pollution définie.

Car certains sont liés à une pollution générale de nature principalement organique, que ce soit l'utilisation d'oxygène par les matières organiques dans la demande biochimique en oxygène, que ce soit la recherche du taux de matières en suspension : à ceux-ci, on peut rattacher ceux d'ordre bactériologique.

Ce type de pollution est le plus étudié, car ces critères caractérisent officiellement la valeur des effluents rejetés dans une rivière et souvent, dans certains pays étrangers, servent à classer les cours d'eau en diverses catégories.

Ces critères nous permettent de calculer, d'une manière théorique, la pollution actuelle d'un bassin et de prévoir son extension dans l'avenir.

D'autres critères, chimiques, caractérisent la qualité minérale d'un cours d'eau indépendamment parfois de toute notion de pollution.

Cependant, les effluents industriels entraînent une pollution chimique qui ne peut être négligée. Car, s'il est facile de détruire une pollution dite organique (le phénomène d'auto-épuration la détruit en partie), il est plus difficile de supprimer certaines pollutions minérales qui ne s'éliminent pas spontanément. Ceci pose des problèmes parfois complexes lors d'utilisation de ces eaux.

Nos analyses complètes comportent l'étude de l'ensemble de ces critères. Elles ont été effectuées pour toutes les eaux de cours d'eau prélevées régulièrement et mensuellement.

Pour les autres, une analyse complète a été entreprise au moins une fois, pour avoir une vue d'ensemble de la composition des rivières de la région Rhône-Alpes.

TROISIEME CHAPITRE

CRITERES NON RETENUS DANS CE TRAVAIL MAIS PRESENTANT UN INTERET DANS L'ETUDE DE LA POLLUTION DES RIVIERES

Pour des raisons matérielles, nous n'avons pu retenir tous les critères qui nous paraissaient dignes d'intérêt. Il nous semble utile, cependant, d'indiquer en quelques mots certains d'entre-eux, les plus significatifs, afin que le lecteur ait tous les éléments permettant de définir une étude complète de rivière.

I. CRITERES SE RAPPORTANT A LA POLLUTION GENERALE, PRINCIPALEMENT ORGANIQUE.-

1° - METHODES DE DÉTERMINATION DES MATIÈRES ORGANIQUES PAR OXYDATION CHIMIQUE.

- Oxydabilité par le permanganate en 3 minutes :

Nous avons situé l'oxydabilité par le permanganate en 4 heures par rapport à la D.B.O., mais il est souvent préconisé de compléter l'oxydabilité en 4 heures par une oxydabilité en 3 minutes, qui correspond à la demande immédiate d'oxygène par des substances oxydables non organiques et des substances organiques très facilement oxydables : les effluents industriels contenant des sels ferreux, des nitrites, des sulfures, sulfites et hyposulfites, des thiocyanates et des phénols, auront une oxydabilité, en 3 minutes, élevée.

La comparaison des oxydabilités en 4 heures et en 3 minutes peut être d'un grand intérêt : en général, le rapport de ces deux oxydabilités, pour un effluent domestique, est de l'ordre de 3 mais, s'il s'agit d'effluent industriel du type cité ci-dessus, le rapport peut tomber à 2 et au-dessous. Au contraire, s'il s'agit d'un effluent riche en matières organiques végétales difficiles à oxyder, le rapport peut s'élever à 5 ou 6.

- Demande chimique d'oxygène (Chemical Oxygen Demand : C.O.D.) :

Cette méthode, où l'oxydation par le permanganate est remplacée par une oxydation énergétique (au réfrigérant à reflux pendant 2 heures) au bichromate de potassium, est très employée aux U.S.A. Elle est décrite dans les "Standard Methods" (3) et préconisée pour les effluents industriels, dans lesquels la présence de sels de métaux lourds abaisse considérablement la D.B.O. Elle pourrait correspondre à une D.B.O. de 20 jours.

- Oxydabilité par l'hypochlorite :

Cette oxydabilité peut être déterminée, comme le permanganate, en 4 heures et en 3 minutes ; la solution N/80 de permanganate est remplacée par une solution N/80 d'hypochlorite de sodium ; elle ne présente qu'un intérêt : le rapport entre l'oxygène cédé par l'hypochlorite et l'oxygène cédé par le permanganate serait supérieur à l'unité pour les matières organiques animales, et inférieur à l'unité pour les matières organiques végétales.

2° - MÉTHODE DE DÉTERMINATION GLOBALE DES COMPOSÉS RÉDUCTEURS.

- Test de putrescibilité au bleu de méthylène :

Ce test, officiel en France pour la surveillance des effluents de stations d'épurations, consiste à utiliser la transformation du bleu de méthylène en son leuco-dérivé incolore à bas potentiel d'oxydo-réduction. Il est décrit dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER (29). Un effluent stable, en présence de bleu de méthylène et conservé en vase clos, restera donc coloré. L'intensité de la réduction s'exprime par le temps nécessaire à la décoloration que l'on surveille jusqu'au 5^e jour : à ce moment, on peut estimer que la stabilité est satisfaisante et qu'il n'est pas besoin de prolonger l'expérience. Ce test met en œuvre l'oxydation des matières organiques à l'aide des bactéries présentes ; l'oxygène utilisé étant, d'abord, l'oxygène dissous, puis l'oxygène des nitrates et des nitrites et, enfin, celui des sulfates. Le bleu de méthylène n'est pas réduit tant que des nitrates sont disponibles. Ceux-ci utilisés, les conditions de vie aérobie cèdent la place à des conditions de vie anaérobie : les sulfates sont réduits en sulfures, d'autres produits malodorants se forment et le bleu de méthylène est réduit en son leuco-dérivé, HEUKELEKIAN (14) ; JEPSON, GREENE (16).

Il est intéressant de pratiquer ce test dans une rivière, afin d'évaluer le temps nécessaire, toute réaération étant supposée exclue, à l'installation d'une vie anaérobie susceptible d'entraîner des odeurs nauséabondes gênantes pour les riverains.

Ce test est fort important pour compléter la D.B.O. dans les rivières très chargées en effluents et où des conditions de vie anaérobie sont déjà installées : dans ce cas, en effet, la D.B.O. donne des résultats très différents et généralement très bas, la prépondérance des organismes anaérobies entraînant une longue période de latence dans la mise en marche de la D.B.O. (L. KLEIN), (19).

3° - MÉTHODE DE DÉTERMINATION DES SUBSTANCES ORGANIQUES PAR ABSORPTION SUR CHARBON ACTIF ET EXTRACTION CHLOROFORMIQUE.

Cette méthode a fait l'objet de nombreux travaux à l'Etranger. On les trouvera exposés ou résumés, notamment dans les articles de MIDDLETON, ROSEN, BURTISCHELL (26) et ceux de ETTINGER (9, 10, 11). Elle a été étudiée en France par L. COIN et son école. Celui-ci la résume ainsi : "l'eau étudiée (eau de rivière, eau d'alimentation ...) passe, d'une manière continue et à une vitesse déterminée, sur une colonne remplie d'une substance adsorbante (charbon actif) pendant un temps connu, un compteur permet de connaître exactement la quantité d'eau passée... Au laboratoire, le charbon actif, séché à une température aussi basse que possible, est extrait par un solvant approprié (chloroforme) dans un extracteur de Soxhlet pendant 15 heures à basse température et de préférence sous vide. Puis, après distillation et évaporation à sec, toujours à basse température et sous vide, on pèse le résidu obtenu. On procède parallèlement avec un témoin solvant et un témoin charbon actif. Les résultats sont exprimés en microgrammes par litre".⁽¹⁾

En la comparant à d'autres méthodes, il signale : "la méthode utilisée présente sur les autres analyses habituelles (dosages des matières organiques par oxydation permanganique - "Chemical Oxygen Demand" des Anglo-saxons..) le très grand avantage de déterminer un nombre important de composés organiques, *sans les détruire*, ce qui rend possible leur séparation, leur caractérisation, le dosage de certains d'entre eux, et ce qui permet également de procéder à des essais physiologiques".

Les résultats s'expriment, en général, en microgramme par litre et les Normes américaines considèrent qu'il est souhaitable, dans le cas des eaux destinées à l'alimentation, de ne pas dépasser une teneur de 200 microgrammes par litre.

4° - MÉTHODE DE DÉTERMINATION DES COMPOSÉS AZOTÉS.

- Azote albuminoïde :

C'est l'azote organique converti en ammoniacque quand l'eau (après séparation de l'azote ammoniacal par distillation) est soumise à une ébullition et à une distillation, en présence d'une solution alcaline de permanganate de potassium, dans des conditions bien déterminées. Cette méthode est décrite dans les "Standard Methods" (3). Cette définition correspond donc à la fraction azotée facilement décomposable des matières organiques. Normalement, une eau de rivière, non polluée, ne doit pas contenir plus de 0,2 mg/litre d'azote albuminoïde.

- Azote total :

Les dosages d'azote, par le procédé classique de KJELDAHL décrit dans "l'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER (29) permettent de déterminer la pollution organique azotée totale, sans tenir compte d'ailleurs de sa plus ou moins facile dégradabilité. La législation française impose aux effluents industriels une teneur limite en azote total, teneur variable selon les débits réciproques de l'effluent et du milieu récepteur.

(1) - "Contribution à l'Etude des Substances Organiques présentes dans les Eaux" - par R. LEMAY - Publication du Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris (Chef de Service : Docteur L. COIN).

5° - MÉTHODE DE DÉTERMINATION DES MATIÈRES DÉCANTABLES.

Elle consiste à exprimer volumétriquement la quantité de matières décantées, spontanément en 2 heures, et donne d'utiles indications pour épurer grossièrement, mais à peu de frais, les eaux riches en matières en suspension.

II. CRITERES SE RAPPORTANT A DES POLLUTIONS PAR DES SUBSTANCES PARTICULIERES.-

1° - ÉLÉMENTS MINÉRAUX NON TOXIQUES.

- Phosphate :

Le dosage de cet élément paraît important. Les phosphates ne se trouvent généralement qu'en très faible quantité dans les eaux de rivières ; ils peuvent s'y trouver en plus grande quantité dans les zones agricoles riches en engrais ; ils peuvent, surtout, provenir des effluents domestiques riches en phosphates. Or, les nitrates et les phosphates sont d'excellents éléments nutritifs qui favorisent le développement des algues et des plantes aquatiques. Ce développement sera particulièrement important dans les lacs dont les eaux, peu mobiles, sont plus favorables à la croissance de ces plantes que le courant des rivières. Ces algues meurent et augmentent la teneur de l'eau en matières organiques qui devront être dégradées et, de ce fait, consommer de l'oxygène. Le problème de la transformation de la biologie des lacs par suite des déversements de phosphates est très étudié de nos jours, notamment dans le cas du lac Léman.

Il aurait été intéressant d'étudier les variations des taux de phosphates dans le Rhône, déversoir du Léman. Mais la présence de très faibles quantités de phosphate dans le fleuve, la nécessité d'obtenir une très grande précision dans nos résultats pour que ceux-ci puissent servir de base à des comparaisons futures, nous auraient obligée à un surcroît de travail difficile à réaliser dans des conditions satisfaisantes. Nous avons donc préféré différer cette étude qui sera entreprise prochainement.

- Silice :

Elle peut se trouver surtout dans les eaux naturelles de régions granitiques et ne présente pas de dangers du point de vue hygiène.

- Gaz carbonique libre dissous :

Sa présence, en quantité importante dans les rivières, peut en modifier la biologie. La plupart des eaux des Etats-Unis d'Amérique, riches en poisson, contiennent moins de 4 mg/litre de CO₂ libre (ELLIS), (8). Des articles nombreux et contradictoires ont été écrits à ce sujet. Il semble que la toxicité du gaz carbonique libre, sur le poisson, soit d'autant plus grande que la quantité d'oxygène dissous est faible.

La détermination du gaz carbonique libre est une opération délicate qui doit être effectuée sur le lieu même du prélèvement.

Les rapports entre le gaz carbonique libre et les bicarbonates déterminent les propriétés agressives ou incrustantes de l'eau.

2° - ÉLÉMENTS MINÉRAUX TOXIQUES.

- Cadmium :

La teneur en cadmium n'est soumise à aucune réglementation de la législation française. Cet élément est cependant considéré comme toxique par les "Normes européennes applicables à l'eau de boisson" (27). L'O.M.S. n'en tolère que 0,05 mg/litre. Il peut se trouver dans les effluents industriels.

- Métaux divers :

Le nickel (qui peut se trouver dans les eaux industrielles de galvanoplastie), le mercure (eaux usées d'industries d'insecticides, de fongicides et de certaines papeteries), l'argent (industries photographiques), sont des éléments toxiques pour les poissons, qui peuvent modifier la biologie des rivières.

- Bore :

Cet élément, qui n'existe qu'exceptionnellement dans les eaux de distribution publique, est plus fréquent dans les eaux usées. Il est pratiquement sans danger du point de vue santé publique (cependant, des quantités importantes pourraient engendrer des troubles nerveux). Sa recherche présente un intérêt du point de vue agricole : en effet, à des taux supérieurs à 2 mg/litre dans les eaux d'irrigation, il détruit certaines plantes et peut même exercer une action néfaste à des taux ne dépassant pas 1 mg/litre.

3° - ÉLÉMENTS DIVERS.

- Insecticides :

Les nombreux insecticides utilisés en agriculture sont-ils susceptibles de contaminer l'eau des régions où ils sont employés ? C'est une question souvent soulevée aujourd'hui ; si la réponse peut être considérée comme affirmative dans les pays où ces produits sont utilisés d'une façon très vaste, en aérosols par exemple, elle est difficile à formuler dans notre région.

- Hydrocarbures :

La pollution des eaux de mer par les hydrocarbures a fait l'objet de nombreux travaux. Dans les rivières de nos régions, le problème apparaît plus futur qu'actuel. Le développement des raffineries et de la pétrochimie, le développement des transports par péniches, doivent cependant orienter les recherches dans cette voie.

La technique d'absorption sur charbon activé et extraction chloroformique préconisée par L. COIN et résumée plus haut, permet d'extraire de l'eau une partie des hydrocarbures et de ces insecticides. Malheureusement, elle nécessite une installation de pompage prolongé qui n'est guère compatible avec le type d'enquête que nous avons conduit. Elle permettrait cependant, en des points fixes judicieusement choisis, de surveiller l'éventuelle contamination de nos cours d'eau.

III. CRITERES BIOLOGIQUES.-

Ils sont de deux ordres :

A) - ÉTUDE DE LA TOXICITÉ DES EAUX SUR LE POISSON.

Elle consiste à étudier *in vivo*, dans des aquariums d'acclimatation, la résistance des poissons aux éléments toxiques que l'eau étudiée est supposée contenir. Elle se fait généralement sur le vairon ou, pour les eaux très pures, sur la truite.

B) - ÉTUDE DE LA FLORE ET DE LA FAUNE.

Elle consiste à récolter, à identifier et à dénombrer les larves, petits animaux et plantes, qui vivent dans la rivière. La composition de cette flore et de cette faune dépend essentiellement du milieu ambiant, donc de la composition moyenne du cours d'eau.

J. GRIFFE résume ainsi ces variations (12) : "Il y a, en effet, des associations biologiques d'eaux riches en matières organiques, dépourvues d'oxygène et où se dégagent du gaz carbonique, du méthane ou de l'hydrogène sulfuré. Les bactéries filamenteuses, *Beggiatoa*, *Sphaerotilus*, constituent le peuplement végétal ; des Flagellés, des Infusoires, des Vers Oligochètes comme les *Tubifex*, des larves de Diptères tels certains Chironomides, ou des Eristalis, forment la population animale. C'est la zone des *polysaprobies*.

Un peu plus bas, commence la zone des *méso-saprobies-alpha* où les matières organiques sont déjà évoluées en acides aminés, sels ammoniacaux, nitrites, et où il reste davantage d'oxygène. Cette zone abrite des *Tubifex* et certaines larves de Chironomides, des Aselles, des Sangsues, des larves d'insectes tels *Sialis* aisément reconnaissable à ses branchies abdominales blanches et filiformes.

Vient ensuite la zone des *méso-saprobies-bêta* où les composés ammoniacaux sont presque tous transformés en nitrites et nitrates, avec des algues Diatomées et Chlorophycées, quelques Phanérogames, des vers, des planaires comme *Dendrocoelum lacteum*, Sangsues *Glossosiphonia*, des mollusques surtout, *Radix Limosa*, *Physa Fontinalis*, *Bithynia tentaculata*, composent la faune.

La zone des *oligo-saprobies* ne contient plus que des matières minérales. La teneur de l'eau en oxygène est élevée et l'azote organique tombe à moins d'un milligramme par litre. Les organismes sont différents : Planaires, Ephémères, Perlides, Chlorophycées, Rhodophycées comme *Batrachospermum*, Mousses, par exemple *Fontinalis antipyretica*".

Cette étude est intéressante, car les rejets d'effluents sont intermittents et ne sont, de ce fait, pas décelés à chaque analyse. Or, la flore et la faune du milieu aquatique subissent l'influence de chaque type polluant et caractérisent les conséquences globales de la pollution.

Nous pensons, dans de prochaines analyses, réaliser ce test.

QUATRIEME CHAPITRE

MODE DE PRELEVEMENT ET D'EXECUTION DES ANALYSES.

Notre enquête nous a conduit à pratiquer environ 500 analyses, dans le courant de l'année 1964. Ces prélèvements étaient effectués au cours de tournées comportant de 8 à 15 prélèvements et nécessitaient des déplacements parfois de 300 à 400 kilomètres. Nous avons donc choisi des points de prélèvement faciles d'accès, et admis un mode de prélèvement exigeant le moins de temps possible.

Plusieurs déterminations sur place n'ont pu être réalisées. Il faut donc admettre, en principe, que les analyses ont été commencées dans les 24 heures après le prélèvement sauf, bien entendu, lors de courts déplacements (par exemple, ceux de la région stéphanoise) où les analyses sont mises en route dans les 8 heures qui suivent le prélèvement.

I. CHOIX DES LIEUX DE PRELEVEMENTS.-

Ceux de la Loire près de Saint-Etienne, de l'Ondaine, du Furan, du Gier, certains du Rhône, de la Saône, de l'Isère, ont été fixés par la Direction Départementale du Ministère de la Construction de la Loire et le Comité Technique de l'eau, ceux-ci nous ayant demandé ces analyses.

Les autres points ont été fixés en se conformant aux "recommandations pour les Comités Techniques" ; elles tiennent compte de l'influence de confluent susceptibles de changer la nature de l'eau, de la proximité de stations de jaugeage, de la présence d'agglomérations et de zones industrielles, etc...

La facilité d'accès nous a conduit à utiliser les ponts comme point de prélèvement. Pour les cours d'eaux importants, cet emplacement a l'avantage de permettre un prélèvement au centre de la rivière, loin des pollutions accidentelles de la rive. Mais, pour les rivières de quelques mètres de large, les ponts sont, au contraire, souvent un point facile de rejets. Il serait préférable alors de procéder au prélèvement nettement en amont de ces points.

II. PRATIQUE DU PRELEVEMENT.-

- DISCUSSION SUR LES PROCÉDÉS DE PRÉLÈVEMENTS.

Les "recommandations aux Comités Techniques" insistent sur la constitution d'un échantillon moyen : à l'aide d'un puits fermé d'environ 1 litre, on prélève 1 litre d'eau toutes les minutes pendant 10 à 15 minutes ; puis on rassemble ces divers prélèvements dans un récipient en matière plastique, on homogénéise très soigneusement l'ensemble pour conserver une fraction adéquate de 1 à 2 litres qui constituera l'échantillon moyen.

Or, la plus grande partie de nos prélèvements ont été effectués sur des rivières de débit élevé. La distance séparant le pont de la surface de l'eau est généralement grande. Dans ces conditions, les manœuvres nécessitées par le mode opératoire décrit demandent 25 à 30 minutes par prélèvement, ce qui est très possible pour un prélèvement isolé mais ne l'est plus pour une série d'une dizaine de prélèvements.

En outre, ce mode opératoire entraîne un certain nombre de transvasements. Dans le cas de rivières polluées, ceux-ci réclament certaines précautions pour éviter des erreurs dans le dosage des matières en suspension. Aussi, pour chaque point de prélèvement, nous avons recueilli l'eau en une seule fois.

Nous avons cependant jugé bon de comparer les deux façons de procéder : nous avons effectué un prélèvement (sur le Rhône, au pont de l'Université) avec 12 prises d'échantillons successives. Sur chacun de ces échantillons et sur l'échantillon moyen obtenu par mélange, nous avons déterminé le taux des matières en suspension, de l'oxygène dissous et de la D.B.O. Les résultats sont consignés dans le tableau n° 20. Une expérience analogue avec un échantillonnage de 4 prélèvements seulement a été répétée sur le Gier (tableau n° 21). Les résultats obtenus ne montrent pas de différences sensibles entre l'échantillon moyen et les divers échantillons prélevés.

Dans ces expériences, nous n'avons pas déterminé les sels minéraux. A ce sujet, il est intéressant de constater que dans nos prélèvements sur le Rhône, entre Vernaison et Vienne, c'est-à-dire en un espace de moins de 15 kilomètres, 3 prélèvements ont été mensuellement pratiqués à la suite, c'est-à-dire pratiquement à une demi-heure l'un de l'autre : les tableaux récapitulatifs montrent pour ces points de prélèvements (R6, R5, R4), la constance des teneurs en sels minéraux.

Nous pouvons, dès maintenant, attirer l'attention sur l'intérêt de plusieurs prélèvements répartis au cours d'une journée, pour déceler les irrégularités des rejets. Nous l'avons entrepris pour une rivière, la Bourbre, et nous l'étudierons dans notre dernier chapitre.

- MODE OPÉRATOIRE SUIVI.

Pour toutes nos analyses, nous avons immergé directement dans la rivière un panier lesté contenant deux flacons de 500 ml, à fermeture émeri. Le panier, descendu généralement d'un pont, est immergé à une profondeur variant de 0,50 m à 1 m (chaque fois que la profondeur de la rivière le permettait), rempli et retiré.

- Un flacon de 500 ml, stérile, est destiné aux examens bactériologiques et à la détermination des matières en suspension. Sitôt retiré, il est

**TABLEAU 20 : Comparaison de divers prélèvements successifs
et d'un échantillon moyen, pour les matières en suspension,
la teneur en oxygène dissous et la D.B.O.5**

(Rhône - Pont de l'Université)

HEURES DE PRELEVEMENT	QUANTITE D'OXYGENE DISSOUS (en mg/l)	D.B.O.5 (en mg/l)	MATIERES EN SUSPENSION (en mg/l)		
			TOTALES	MINERALES	ORGANIQUES
15 h. 05	12,70	4,95	7	4	3
15 h. 07	12,70	4,70	6	3	3
15 h. 09	12,80	4,80	6	3	3
15 h. 11	13,20	5,45	7	3	4
15 h. 13	13,00	5,00	6	3	3
15 h. 15	13,20	5,80	6	1	5
15 h. 17	13,00	4,80	6	1	5
15 h. 19	13,00	5,00	6	3	3
15 h. 21	12,90	5,10	7	4	3
15 h. 23	12,60	4,60	6	3	3
15 h. 25	13,00	5,25	6	3	3
15 h. 27	12,70	4,45	7	3	4
Echantillon moyen.....	13,00	5,50	6	3	3

**TABLEAU 21 : Comparaison de prélèvements successifs
et d'un échantillon moyen : D.B.O.5 et matières en suspension**

- Baux du Gier - en amont de Givors -

(HEURES DE PRELEVEMENT :	D.B.O.5 (en mg/l) :	MATIERES EN SUSPENSION (en mg/l)			)
		TOTALES	MINERALES	ORGANIQUES	
(17 h. :	25,0 :	44 :	15 :	29 :	)
(17 h. 03 :	29,5 :	44 :	13 :	31 :	)
(17 h. 06 :	28,5 :	45 :	12 :	33 :	)
(17 h. 15 :	29,0 :	45 :	17 :	28 :	)
(Echantillon moyen..... :	28,5 :	47 :	17 :	30 :	)

partiellement vidé (de façon à permettre au laboratoire une homogénéisation aisée avant l'ouverture), puis bouché. Il est nécessaire de signaler que, si le flacon est stérile, le porte-flacon lesté ne l'est pas ; en outre, le flacon est débouché avant d'être descendu pour l'immersion ; ainsi, les possibilités de contamination, autres que celles de l'eau, ne sont pas exclues. On pourra remarquer, toutefois, que dans notre enquête de nombreux prélèvements de rivières peu polluées ont été presque stériles ; cela laisse supposer que ces surcontaminations ne jouent, sauf accident, qu'un rôle secondaire.

- Le deuxième flacon de 500 ml, non stérile, doit être entièrement rempli et bouché hermétiquement, sans bulle d'air ; il est destiné à mesurer essentiellement l'oxygène dissous, la D.B.O., le pH. Nous avons vérifié que le remplissage du flacon, dans ces conditions, ne modifie pas la teneur en oxygène de l'eau, malgré le barbotage des bulles qui s'échappent vers la surface.

Dans le cas où le prélèvement doit être suivi d'une analyse complète, il est prélevé en outre, toujours par unique échantillon, 4 à 5 litres d'eau que l'on conserve dans des bidons en matière plastique.

III. TRANSPORT.-

Nous avons vu, dans le deuxième chapitre consacré à l'étude des critères, que certaines déterminations exigent soit un prélèvement spécial, soit une mise en route dès le prélèvement.

a) - La conservation de l'eau destinée aux mesures d'oxygène dissous et de D.B.O. a particulièrement attiré notre attention : dès le prélèvement terminé, la consommation d'oxygène se produit dans le flacon plein et hermétiquement bouché, prévu pour ces mesures. Si le dosage n'est pratiqué qu'après retour au laboratoire, le taux d'oxygène mesuré ne tiendra pas compte de la fraction consommée durant le transport.

Il est donc préférable de doser l'oxygène au lieu même du prélèvement. Mais en 1964, lors de cette enquête, nous ne disposions que de l'analyseur BECKMAN : la nécessité d'opérer à une température supérieure à 15°, l'alimentation électrique de cet appareil sur le secteur, rendent difficile, voire impossible, son utilisation sur le terrain. Nous nous sommes donc efforcés de limiter le plus possible la consommation d'oxygène durant le transport, en conservant les échantillons dans des récipients isothermes, remplis de glace, et en commençant l'analyse le plus rapidement possible.

Dans ces conditions, cette consommation d'oxygène est certes réduite, mais non totalement arrêtée. Nos mesures d'oxygène dissous sont donc probablement entachées d'une erreur par défaut. Les expériences décrites précédemment nous autorisent à considérer cette erreur comme minime et incapable de modifier la signification de la plupart de nos résultats.

Dans le cas de rivières très polluées, un délai excessif de transport pourrait largement fausser les déterminations. Mais, en pratique, toutes les rivières

nettement polluées de nos régions (Turan, Ondaine, Onzon, Gier, Bourbre, Azergue) sont des rivières proches de Lyon et nous avons pu mettre en œuvre nos analyses dans la journée même, c'est-à-dire dans les 8 heures environ succédant au prélèvement.

Toutefois, à la fin de cette enquête, nous avons modifié notre technique dans les examens de rivières que nous continuons à pratiquer. Pouvant utiliser normalement un polarographe à oxygène Souther Analytical, nous effectuons sur place nos déterminations d'oxygène, obtenant une meilleure indication des taux réels d'oxygène dissous et des taux de saturation.

b) - Le prélèvement destiné à l'examen bactériologique est également conservé en boîtes isothermes, en présence de glace. Bien que tout examen bactériologique d'eau doive, en principe, être commencé dans les 8 heures succédant au prélèvement, nous avons, parfois, dû remettre au lendemain la mise en route de l'analyse, l'eau étant, bien entendu, conservé à 4° durant la nuit. Il n'est pas exclu que certains éléments inhibiteurs pouvaient se trouver dans l'eau prélevée et, étant donné que les flacons destinés au prélèvement ne contenaient pas d'hyposulfite ni de produits actifs contre ces inhibiteurs, ce retard a pu contribuer à fausser certains de nos résultats.

c) - Les autres prélèvements, pour raison de commodité, n'ont pas été transportés en caisse isotherme : aucune addition de stabilisateur n'a été faite avant le transport.

IV. MISE EN ROUTE DES EXAMENS.-

Dès l'arrivée ou dans les 24 heures, les premières analyses effectuées ont été celles des D.B.O., recherche d'oxygène, du pH, résistivité, chlore libre, de l'hydrogène sulfuré et de certains éléments chimiques : cyanures, chrome hexavalent. Les détergents et phénols ont toujours été recherchés dans les 24 heures, au plus 48 heures, ainsi que l'oxydabilité au permanganate. Les autres éléments minéraux ont été déterminés ultérieurement.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE ANALYTIQUE DE NOS RESULTATS

COMPARAISON DE LA POLLUTION REELLE DES RIVIERES

A LA POLLUTION PREVUE

A PARTIR DE DONNEES STATISTIQUES

DEUXIEME PARTIE

Cette deuxième partie est consacrée à l'étude critique de nos résultats analytiques.

Un premier chapitre envisage quelques notions d'évaluations théoriques de toute pollution dans un territoire donné.

Un deuxième chapitre expose, par rivière, les conclusions déduites de nos résultats analytiques et les compare à celles, théoriques, exposées dans le chapitre précédent et exprimées dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. Nous avons, pour plus de clarté, groupé en section les différentes voies d'eaux :

- 1^{ère} section : Loire et ses affluents.
- 2^{ème} section : affluents du Rhône en amont de Lyon.
- 3^{ème} section : Saône et ses affluents.
- 4^{ème} section : affluents du Rhône en aval de Lyon, rive droite.
- 5^{ème} section : affluents du Rhône en aval de Lyon, rive gauche.
- 6^{ème} section : Isère et ses affluents.
- 7^{ème} section : Rhône.

Un troisième chapitre est réservé à des conclusions générales synthétiques, à leur comparaison avec celles, théoriques, établies par l'atlas de la pollution et le rapport du Service de Navigation Rhône-Alpes pour la zone de coordination Rhône II.

PREMIER CHAPITRE

ESTIMATION THEORIQUE DE LA POLLUTION DANS UN TERRITOIRE DONNE

Dans l'introduction, nous avons signalé l'importance de la pollution des cours d'eau, les mesures prises par la loi pour la protection des eaux et pour remédier à cette situation. Il est prescrit, notamment, de dresser un inventaire de la qualité actuelle de ces cours d'eau. Avant d'entreprendre cet inventaire long et difficile, des études théoriques permettent d'apprécier cette qualité, d'orienter les travaux et même de dresser une situation future, alors que l'étude analytique des rivières établit une situation strictement actuelle.

L'atlas de la pollution des eaux en France métropolitaine, dressé sous la direction du Dr. Louis COIN, est un premier aperçu théorique de la pollution pour l'ensemble de la France. Le Dr. L. COIN résume ainsi l'intérêt de son travail : "les bilans globaux auxquels nous sommes parvenus constituent une première approche et doivent pouvoir être utilisés pour orienter l'implantation d'industries nouvelles, eu égard aux possibilités des milieux récepteurs de voisinage. Ils peuvent également servir de point de départ ou de repère dans les investigations de longue durée ayant pour but de définir les zones critiques en vue d'actions concertées, ou de permettre la classification des milieux récepteurs en fonction de leur utilisation principale. Mais, en aucun cas, ces bilans ne sauraient se substituer aux études directes des phénomènes qui peuvent en certains cas, toute erreur de méthode exclue, conduire par leur caractère approfondi à des écarts avec la notation de cet atlas... notre vœu le plus cher est que les études d'application... soient entreprises partout par les autorités locales".

Outre cet atlas, un autre travail théorique a été conçu : il s'agit du rapport établi par le Service de la Navigation Rhône Saône (34) avec le concours de M. GOSSELIN, Ingénieur général des Ponts-et-Chaussées, en juillet 1964.

Dans l'introduction de ce rapport, il est précisé les raisons de son établissement et l'étendue des problèmes traités :

"La circulaire ministérielle du 12 janvier 1962 a défini la mission des Comités Techniques Régionaux de l'eau⁽¹⁾. Ceux-ci ont notamment pour tâche de coordonner, intensifier et susciter éventuellement les études nécessaires à l'établissement de l'inventaire des ressources en eau ainsi qu'à la connaissance des consommations actuelles et prévisibles des différents usagers et des phénomènes parallèles de pollution. Cette présente étude constitue un premier essai pour faire le point de nos connaissances générales sur les problèmes de l'eau dans la région Rhône II, les présenter d'une manière synthétique, définir des méthodes en ce qui concerne les ressources, les besoins et la pollution des eaux, et notamment la prévision des besoins à partir des données démographiques et économiques " (34).

Ainsi, cette étude dépasse le cadre de la pollution. Cependant, celle-ci reste pour nous notre sujet principal et, exceptionnellement au cours de notre étude, nous ferons allusion à des données de ressources ou de besoins en eau.

Nous avons distingué : une pollution générale de type organique, et une pollution minérale (plus une pollution bactériologique). Car la pollution organique est la seule que l'on puisse actuellement calculer théoriquement à l'aide de données suffisantes permettant d'estimer, pour un type d'effluent donné, la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques de cet effluent.

Autrement dit, la comparaison entre la charge polluante, théorique, et la mesure analytique de la pollution, ne peut se faire que par rapport à l'estimation de la D.B.O.

Nous allons exposer les éléments qui permettent de calculer théoriquement cette pollution organique.

I. ESTIMATION DE LA POLLUTION ACTUELLE D'UNE REGION DETERMINEE.-

A) - POLLUTION URBAINE.

En fonction de son origine, la pollution organique des cours d'eau peut être divisée en pollution domestique et en pollution industrielle. Le premier type correspond à la pollution des effluents domestiques, des égouts des villes. Elle est assez constante et, selon IMHOFF, on peut estimer que les *charges moyennes de pollution, apportées par habitant et par jour* dans une cité, nécessitent *54 grammes d'oxygène* pour détruire en 5 jours les matières organiques. Ce chiffre, à peu près universellement admis jusqu'à ce jour, est, depuis peu, contesté. On admet fréquemment des chiffres de l'ordre de 70 grammes. Quoiqu'il en soit, les calculs de l'atlas de la pollution et ceux du rapport du Service de la Navigation Rhône-Saône admettent la valeur de 54 grammes. Il est d'usage de désigner cette valeur sous le terme d'*habitant-équivalent*.

(1) - Chaque Comité Technique Régional exerce son action dans une région déterminée qui ne correspond pas toujours aux autres divisions administratives. La zone de coordination Rhône II comprend les départements de l'Ain, Ardèche, Drôme, Isère, Loire, Rhône, Savoie, Haute-Savoie. Elle correspond donc à la région Rhône-Alpes et, généralement, nous employons cette dernière désignation plus connue et moins technique que la dénomination de zone Rhône II.

B) - POLLUTION INDUSTRIELLE.

1° - Estimation donnée par l'atlas de la pollution :

La pollution industrielle est, par contre, variée : les eaux résiduaires de galvanoplastie, quoique très toxiques, ont une D.B.O. faible ; celles de tannerie ont, au contraire, une D.B.O. élevée. Pour simplifier, on peut "assimiler la charge de pollution déversée par un établissement industriel à celle que donnerait une population dite équivalente utilisant la même voie d'évacuation" (33). Connaissant la D.B.O. de l'effluent de cet établissement et son débit journalier, on peut en déduire la quantité totale d'oxygène nécessaire pour détruire, en 5 jours, les matières organiques évacuées durant 24 heures, et le nombre d'habitants-équivalents caractérisant la pollution de cette industrie. "Dans la pratique, ces déterminations ont été effectuées maintes fois ces dernières années, pour tous les types d'industrie. On a pu en dégager des chiffres d'habitants-équivalents spécifiques, c'est-à-dire, suivant les cas, par tonne de produit ou par emploi. Les équivalences ont fait l'objet de publications réitérées" (33).

Ces publications ne sont pas toujours concordantes et, pour chaque industrie, ces différents travaux permettent de considérer un habitant-équivalent maximum et un habitant-équivalent minimum, l'écart entre eux étant parfois considérable. Les calculs faits avec l'un et l'autre de ces équivalents ont amené le Dr. L. COIN à choisir, pour l'établissement de l'atlas, systématiquement la valeur de base minimum, les résultats obtenus avec les valeurs les plus élevées "dépassant l'entendement" (33).

Sur ces bases, à partir des indications fournies par les statistiques de l'I.N.S.E.E. concernant soit le total national des productions, soit le nombre total des salariés, on peut déterminer, pour une industrie donnée, la charge polluante exprimée en habitants-équivalents, déversée par cette industrie dans l'ensemble du territoire.

Par exemple, on estime à 8.900 milliers d'habitants-équivalents la pollution résultant, pour toute la France, de l'industrie du gaz.

- Si on veut estimer cette pollution non plus pour l'ensemble du territoire mais pour une région délimitée, on peut considérer que la proportion de cette pollution par rapport à la pollution nationale est la même que celle du nombre de salariés de cette région par rapport au nombre total de salariés du territoire national. Donc, si dans une région, le nombre de salariés est de 11.000, s'il est de 123.000 pour toute la France, la pollution régionale pourra être évaluée à $\frac{8.900 \times 11.000}{123.000}$ milliers d'équivalent-habitant, soit environ 800.

- On peut aussi, plus simplement, *déterminer pour chaque industrie le coefficient de pollution correspondant au travail d'un salarié*. Ce coefficient, par exemple, sera pour l'industrie du gaz de : 72 habitants-équivalents (123.000 ouvriers produisant 8.900.000 habitants-équivalents, un ouvrier en produira $8.900 : 123 = 72$). Une région occupant 11.000 ouvriers de cette industrie aura une charge polluante correspondante de 11.000×72 , environ 800 milliers d'habitants-équivalents.

Des calculs analogues peuvent être faits pour *chaque catégorie d'industrie*. En totalisant les charges polluantes de toutes les industries d'un

département ou d'une zone donnée, on peut estimer la charge polluante industrielle totale de ce département ou de cette zone.

L'atlas de la pollution donne ces indications pour toutes les catégories d'industries, pour chaque département et pour chaque zone de coordination de l'eau.

2° - Estimation du Service de Navigation Rhône-Saône :

Le même procédé d'évaluation a été choisi pour les estimations des pollutions industrielles et des besoins en eau de ces industries. Le rapport indique que "l'I.N.S.E.E. a établi une statistique des établissements industriels dans chacun des 8 départements de la région Rhône II. Sur notre demande, l'I.N.S.E.E. en a extrait une statistique réduite, limitée aux usines et ateliers employant plus de 20 salariés ; les établissements sont classés par commune et, dans chaque commune, par nature d'activité avec l'indication de la tranche de salariés". Un effectif moyen a été adopté pour chacune de ces tranches, selon les indications données par l'I.N.S.E.E. "D'autre part, pour simplifier les calculs, nous avons groupé les industries en 7 groupes d'activités de manière que la consommation d'eau, par salarié, dans chaque groupe, soit du même ordre. Nous avons d'ailleurs déterminé ces groupes, de manière qu'ils puissent être utilisés pour le calcul des charges polluantes industrielles". Pour chacun de ces 7 groupes comprenant des activités voisines, une charge moyenne en habitants-équivalents par salarié a été déterminée à partir de coefficients indiqués pour chaque industrie dans l'atlas de la pollution. Donc, le procédé adopté est le même que celui de l'atlas de la pollution, mais au lieu de faire état du nombre précis d'ouvriers employés dans chaque entreprise et d'utiliser un coefficient particulier pour chaque industrie, ce rapport utilise des valeurs moyennes par groupe d'industrie.

Dans l'atlas de la pollution, les charges polluantes sont totalisées *par zone de coordination et par départements* ; dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône, elles sont totalisées *par zones polluantes et par bassin versant*. Cette dernière détermination est plus favorable à une étude comparative des prévisions théoriques et des résultats d'analyses.

C) - POLLUTION TOTALE : CONFRONTATION DE RÉSULTATS CALCULÉS PAR L'ATLAS DE LA POLLUTION ET LE RAPPORT DU SERVICE DE NAVIGATION RHÔNE-SAÔNE.

L'addition de la pollution dite urbaine et de la pollution industrielle indique la pollution totale. Celle-là, pour la région Rhône-Alpes, est estimée différemment par l'atlas de la pollution et par le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. Pour le premier, la pollution urbaine est estimée à 2.729 habitants-équivalents (nous ne savons pas sur quelles bases cette estimation est faite) et la pollution industrielle à 7.203, soit, au total, 9.932 milliers d'habitants-équivalents. Pour le second, la pollution "urbaine" est estimée à 3.847 habitants-équivalents (la population de la région Rhône-Alpes était de 3.847.000 habitants en 1962) et la pollution industrielle de 4.140, soit, au total, 7.987 milliers d'habitants-équivalents.

II. PREVISIONS DE LA POLLUTION DANS LES ANNEES A VENIR.-

Le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône s'efforce d'estimer l'accroissement de la pollution dans les années à venir.

Il prend comme base de calcul les prévisions de développement des zones industrielles, prévisions faites dans les groupements d'urbanisme ou en dehors de ces groupements (zones en bordure du Rhône). Puis il évalue, sur la base de 60 salariés par hectare, la population industrielle de ces zones (en admettant que ces zones seront occupées par des industries nouvelles et non pas par des transferts d'industries à l'intérieur de la région). Pour chacune de ces zones industrielles, il est admis un coefficient moyen de charge polluante (en habitants-équivalents) par salarié, en tenant compte de la vocation de la zone (chimique, textile, mécanique, etc...) d'après les études économiques et les ressources en eau : "par exemple, l'industrie chimique ne peut évidemment s'implanter qu'en bordure de cours d'eau disposant d'un important débit d'étiage... Dans d'autres zones, il s'agit de créer des industries utilisant la main-d'œuvre féminine..." (34).

Ce calcul est basé sur l'occupation totale des zones industrielles prévues. Le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône établit ses prévisions pour 1985. A partir de statistiques de permis de construire délivrés en 1961-62-63, on peut en extrapoler la surface des terrains aménagés en 1985. Elle serait, à cette époque, de 17.000 hectares. Or, c'est exactement la surface prévue pour les zones industrielles des groupements d'urbanisme et les zones spéciales envisagées le long du Rhône.

Cependant, un autre procédé de calcul du développement industriel aboutit à des résultats différents : il fait intervenir comme fondamental les prévisions d'augmentation, non du territoire industriel, mais de la population. Le rapport indique : "si l'on se base sur l'augmentation en 1985, qui serait d'environ 1.810.000 habitants dont 48 % de la population active, et sur une proportion d'emplois industriels de 55 % de la population active (proportion de la région lyonnaise), on aurait, pour un habitant supplémentaire, 0,26 salarié de l'industrie, ce qui, à raison de 60 salariés à l'hectare, ne représenterait que 8.000 hectares de zone industrielle".

Dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône, toutes les estimations d'augmentation de la charge polluante industrielle sont faites selon les deux modes de calcul : il en résulte une hypothèse forte (correspondant à une surface de 17.000 hectares), et une hypothèse faible (correspondant à une surface de 8.000 hectares).

III. INFLUENCE DE LA POLLUTION D'UNE REGION SUR LA D.B.O. DES COURS D'EAU DE CETTE REGION.-

Comme la plupart des travaux théoriques analogues, le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône admet, en principe, que dans un territoire donné, correspondant au bassin d'une rivière et uniquement à ce bassin, toute la pollution urbaine et industrielle rejoint, en un temps plus ou moins long et par l'intermédiaire de ses affluents, la rivière principale et se retrouve finalement diluée dans les eaux de cette rivière, à l'aval de ce bassin. A cet endroit, il est facile de calculer la D.B.O. résultant de cette pollution, le débit étant connu. Il est d'usage de calculer cette D.B.O. pour le débit d'étiage au moment où, théoriquement, la pollution est la plus grande, les matières organiques étant alors diluées dans la plus petite quantité d'eau possible.

Le calcul de la D.B.O.5 s'effectue ainsi ; elle est proportionnelle à la charge polluante totale et inversement proportionnelle au débit du milieu récepteur, donc : $D.B.O.5 \text{ j.} = \frac{\text{Charge polluante totale}}{\text{Débit du milieu récepteur}}$

Sachant que la pollution organique journalière d'un habitant-équivalent représente une consommation de 54 grammes d'oxygène (sous forme de D.B.O.5), la charge polluante de n milliers d'habitants-équivalents sera étale, en milligrammes d'oxygène, à : $54 \times n \times 1.000 \times 1.000$.

Le débit étant de q m³ par seconde, les matières organiques se trouvent diluées dans une masse d'eau journalière, évaluée par litre, de :

$$q \times 1.000 \times 86.400.$$

La D.B.O.5 de la rivière correspondant à cette pollution est donc de :

$$\frac{54 \times n \times 1.000 \times 1.000}{q \times 1.000 \times 86.000} = 0,6 \frac{n}{q} \text{ mg/l.} - n = \text{nombre de milliers d'habitants-équivalents} - q = \text{débit en m}^3/\text{seconde}.$$

Par exemple : Le bassin de la Bourbre avait, en 1962, une population de 71.302 habitants ; sa pollution industrielle correspondait à 120 milliers d'habitants-équivalents. La pollution totale était donc de 191,3 milliers d'habitants-équivalents. Le débit de la Bourbre à l'étiage étant de 1 m³/seconde, la D.B.O. de la Bourbre résultant de cette pollution est de : $0,6 \frac{191,3}{1} = 114,6$ mg/litre d'oxygène.

En 1985, les prévisions d'augmentation de la population sont de 13.200 habitants et les prévisions d'augmentation de la charge industrielle de 3,3 ou 6,5 milliers d'habitants-équivalents, selon que l'on retient l'hypothèse faible ou l'hypothèse forte.

Les charges polluantes totales seront donc, d'après ces prévisions, de 207,8 ou 211 milliers d'habitants-équivalents, entraînant des D.B.O. de la Bourbre de : $0,6 \frac{207,8}{1} = 125$ ou $0,6 \frac{211}{1} = 127$ mg/litre d'oxygène.

L'augmentation prévue, tant de la population que de l'industrie, étant très faible par rapport aux chiffres de 1962, la différence des D.B.O. calculées pour 1985, selon que l'on tient compte de l'une ou l'autre des hypothèses, est très faible. Il n'en est pas toujours ainsi et, par exemple, dans le bassin du lac du Bourget et de la Leyse où l'augmentation de la pollution, de 1962 à 1985, égale de 3 à 9 fois la pollution de 1962, le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône prévoit, en 1985, des D.B.O. variant dans le rapport de 1 à 3 selon que l'on envisage l'hypothèse faible ou l'hypothèse forte.

Les calculs théoriques, comme nous l'avons signalé, supposent que toute la pollution se retrouve dans la rivière principale du bassin, à l'aval de celui-ci. Or, il est évident qu'une partie des matières organiques rejetées dans la nature par la population clairsemée du bassin est détruite avant même de rejoindre un cours d'eau notable. La partie correspondant à des effluents industriels ou à des effluents organiques urbains est généralement rejetée directement dans des cours d'eau, par l'intermédiaire d'égout. Mais, dans ces cours d'eau, une auto-épuration, plus ou moins importante mais constante, s'exerce et, de ce fait, une grande proportion de matières organiques est détruite lorsque le rejet atteint l'aval du bassin. Souvent même, une épuration artificielle est pratiquée : les égouts urbains et industriels sont dirigés sur une station d'épuration avant d'être rejetés dans les rivières.

Cette épuration artificielle est chiffrable. On estime qu'elle représente les 30 % de la pollution organique initiale lorsqu'elle est réduite à une simple décantation, mais qu'elle atteint 90 % de cette pollution lorsque la décantation est suivie d'une épuration biochimique. Dès lors, pour le calcul de la D.B.O. du milieu récepteur, on doit modifier la formule de base qui devient : $0,4 \frac{n}{q}$ s'il s'agit d'un effluent décanté, et $0,06 \frac{n}{q}$ s'il s'agit d'un effluent biochimiquement traité.

Mais il est impossible d'utiliser actuellement des coefficients pour chiffrer l'auto-épuration naturelle. Du seul fait de l'existence de cette auto-épuration, une différence doit se manifester entre les estimations théoriques qui la négligent et les résultats analytiques qui en dépendent partiellement.

Notons aussi que :

- Les analyses saisissent l'état de pollution organique à un moment donné. Les chiffres de D.B.O. calculés théoriquement sont, au contraire, des moyennes supposant une répartition régulière de la pollution organique durant toute la durée de la journée.

- Les calculs théoriques ne considèrent que l'influence de la pollution urbaine ou industrielle sur les D.B.O. des rivières, Or, dans la masse d'eau des rivières on trouve, outre les matières organiques résultant de cette pollution, des matières organiques d'autre origine, végétales ou animales (poissons morts, feuilles mortes, végétaux aquatiques morts, éléments divers organiques, entraînés dans les rivières lors des crues, etc...). Cette D.B.O., que l'on pourrait dénommer "naturelle", s'ajoute à la D.B.O. résultant des pollutions industrielles et humaines.

IV. COMPARAISON ENTRE LES RESULTATS ANALYTIQUES ET LES PREVISIONS THEORIQUES.-

Pour des comparaisons portant sur un territoire plus restreint que celui de la zone de coordination, il nous est difficile d'utiliser les renseignements, rassemblés par départements, de l'atlas de la pollution. Par contre, la confrontation de nos résultats analytiques avec les prévisions établies par bassin versant dans le rapport du Service de Navigation est, en général, aisée.

Pour l'ensemble de la région Rhône-Alpes, nos résultats peuvent être utilement comparés, aussi bien avec les prévisions du rapport du Service de Navigation qu'avec celles de l'atlas de la pollution. En outre, l'atlas de la pollution dresse deux cartes où sont appréciés les phénomènes d'auto-épuration. L'une indique, par zone, la comparaison des demandes et apports d'oxygène ; l'autre, schématise l'état réel de la qualité de l'eau des principales rivières. Ainsi, une comparaison entre les conclusions de cet atlas concernant la zone de coordination Rhône II (région Rhône-Alpes) et nos résultats apparaît comme particulièrement intéressante.

DEUXIEME CHAPITRE

1^{ère} SECTION :

LA LOIRE ET SES AFFLUENTS

Dans notre région Rhône-Alpes, le département de la Loire n'a pas son réseau hydrographique orienté sur l'axe Saône-Rhône, mais sur la Loire. Seules quelques vallées, comme celle du Gier, dépendent du Rhône. Dans cette section, nous étudierons les cours d'eau du département qui rejoignent la Loire. La zone ainsi décrite correspond à celle étudiée dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône, sous le nom de bassin versant n° 28 et dont on trouvera les limites sur la carte (appendice C).

Il s'agit d'une région d'environ 5.000 km², traversée du sud au nord par la Loire dont la large vallée forme les plaines du Forez et de Roanne, limitées à l'ouest par les monts du Forez et de la Madeleine, à l'est par les monts du Lyonnais. Ces terrains primaires, cristallins, sont pauvres en eaux souterraines.

Or, les ressources en eaux superficielles sont assez réduites, tout au moins aux basses eaux. Le caractère torrentiel des rivières entraîne une grande irrégularité de leur débit, et à l'étiage les ressources ne dépassent pas 4 m³/seconde. Les besoins actuels excèdent largement cette quantité, puisqu'ils sont de 6,9 m³/seconde et doivent, selon les prévisions, s'élever à près de 14 m³/seconde en 1985. La situation n'est cependant pas critique, car si le bilan "ressource moins besoin" est déficitaire, le bilan "ressource moins consommation" est largement bénéficiaire. Encore faut-il que l'eau remise en circulation, après utilisation domestique ou industrielle, soit d'une qualité acceptable.

La population de ce bassin versant s'élevait, en 1962, à 637.000 habitants. Son augmentation prévue pour 1985 est assez modérée (coefficient 1,29).

Il en est de même de son développement industriel : la pollution actuelle d'origine industrielle est estimée, en 1962, à 550 milliers d'habitants-équivalents et ne doit pas, en 1985, dépasser 845 milliers d'habitants-équivalents.

En effet, cette région atteint presque, en certains points, une saturation industrielle et seules certaines zones vont bénéficier de ce développement.

La population et l'industrie se regroupent dans quelques régions de plaine. On peut distinguer trois pôles d'attraction :

1) - Au sud de la plaine du Forez, la région stéphanoise représente actuellement la zone la plus industrialisée. Elle est centrée, non pas directement sur la Loire, mais sur deux affluents de ce fleuve : l'Ondaine et le Furan. La charge polluante industrielle actuelle, de l'ordre de 330 milliers d'habitants-équivalents, doit s'augmenter d'une centaine de milliers d'habitants-équivalents en 1985, mais cette augmentation affectera peu (25 milliers seulement) la région industrielle actuelle proprement dite : les trois quarts du développement se feront dans une zone plus septentrionale, en bordure de la Loire, dans les environs de Bouthéon (zone dite des Trois Ponts).

2) - Au centre et au nord de cette plaine du Forez, dans la région de Feurs, se prolongeant à l'ouest et au sud-ouest, vers Boën et Montbrison, doit se développer une petite zone industrielle représentant environ 37 milliers d'habitants-équivalents, en 1985.

3) - Dans la plaine de Roanne et groupée autour de cette ville, une importante concentration industrielle existe déjà : 213 milliers d'habitants-équivalents pour l'industrie, 76 pour la population, représentaient, en 1962, la charge polluante de cette zone. Elle est susceptible de s'élever, en 1985, de 43 milliers d'habitants-équivalents pour la population et de 162 pour l'industrie : c'est donc la zone où le développement industriel de la Loire sera de beaucoup le plus considérable.

Comment ce développement important, de l'industrie, de la population et, en conséquence, de la charge polluante (celle-ci représentera, en 1985, 1,4 fois la charge de 1962), risque-t-il de modifier la qualité des eaux de surface, peu abondantes, de ce bassin ? C'est ce que nous allons examiner dans cette section.

Nous envisagerons d'abord, du sud au nord, le cas des affluents de la Loire avant d'examiner la situation de la Loire elle-même.

- ONDAINE -

A) GENERALITES.-

L'Ondaine provient des contreforts cristallins du Mont Pilat ; quelques kilomètres après sa naissance, elle traverse les agglomérations industrielles de La Ricamarie, du Chambon-Feugerolles, de Firminy, d'Unieux, et se jette au niveau de la retenue du barrage de Grangent, dans la Loire, au Pertuiset (après une trentaine de kilomètres de cours torrentueux et rapide). Durant ce trajet, elle a reçu les eaux usées des quatre villes traversées et des effluents provenant de houillères, de cokeries (déversant des débris charbonneux, des goudrons et des benzols) et de quelques autres industries moins importantes.

Il s'agit d'une petite rivière ; aucune station de jaugeage ne l'équipe. Les jaugeages effectués en même temps que nos prélèvements, par les soins de l'E.D.F. de Saint-Etienne, montrent que son débit est généralement inférieur à 1 m³/seconde.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Son étude a été entreprise par la Direction Départementale de la Construction de Saint-Etienne qui nous a confié le soin des analyses et a bien voulu nous autoriser à utiliser les résultats pour notre travail. Il fut décidé d'effectuer des prélèvements mensuels, à une cinquantaine de mètres en aval du pont de la route D.3, au Pertuiset. Ce point est désigné sur la carte (appendice B) par les abréviations L.Ond. et les analyses pratiquées, toutes complètes, sont inscrites dans nos tableaux récapitulatifs sous les n° 39 à 48. Les prélèvements furent commencés en mars 1964.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.- COMPARAISON DES D.B.O. THEORIQUES ET PRATIQUES.-

L'aspect de la rivière est en général peu engageant : ses eaux sont troubles, noires, ce qui s'explique aisément par les pollutions reçues.

La D.B.O., toutefois, n'atteint pas normalement des taux aussi élevés que l'on pourrait penser : dans la majorité des cas, elle varie de 10 à 30 mg/litre ; par contre, elle atteint une fois 150 mg (analyse 42) ; une autre fois, elle ne dépasse pas 3 mg (analyse 47). Il est impossible de comparer ces résultats avec les prévisions théoriques du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône ; celui-ci n'indique que des chiffres globaux pour le bassin tout entier et pour l'ensemble de la zone industrielle du sud du Forez. Mais on peut constater que la seule population des quatre communes citées représente environ 50.000 habitants. La charge polluante correspondante, pour une rivière d'environ 0,5 m³/seconde, équivaut à une D.B.O. de l'ordre de 60 mg/litre, sans compter la pollution industrielle.

Or, le chiffre de 60 mg n'a été atteint que dans un seul de nos prélèvements. Cette discordance peut résulter du fait que les prélèvements étant

toujours effectués le matin, à la même heure, cette heure peut ne pas correspondre à la charge maximum journalière effectuée, ou bien est-ce la conséquence d'une auto-épuration qui se manifeste dans cette rivière.

Un argument en faveur de cette dernière interprétation est l'oxygénation de la rivière : malgré l'importance de la charge théorique et de la D.B.O. réelle, le pourcentage de saturation d'oxygène a toujours été relativement élevé : de 66 à 72 % dans 9 cas et, une fois même, de 85 % ; la teneur minime d'oxygène n'est jamais descendue au-dessous de 6,5 mg/litre. Ces taux de saturation prouvent l'existence d'une consommation importante sans doute, mais également d'une réoxygénation suffisante pour permettre une action biologique efficace.

L'oxydabilité au permanganate est extrêmement variable : généralement comprise entre 3 et 5 mg/l d'O₂, elle monte, dans 3 cas sur 11, au-delà de 50 mg/l (sans rapport d'ailleurs avec la D.B.O.). Nous pensons que ces variations résultent des variations de la quantité des produits chimiques, oxydables chimiquement, rejetés très irrégulièrement par les produits industriels.

Les matières en suspension (sauf exceptions, explicables pour la raison qui vient d'être invoquée) sont très élevées : trois fois inférieures à 30 mg/l ; cinq fois comprises entre 150 et 400 mg et atteignant, les deux dernières fois, près de 800 et 1.500 mg/l. Plus le taux de matières en suspension totales est important, plus la partie organique est élevée ; mais ces matières organiques proviennent le plus souvent, semble-t-il, des industries de la houille et du coke et sont certainement peu dégradables par voie biologique en cinq jours : dans ce fait, résulte peut-être la contradiction apparente entre l'aspect évident de pollution de ces eaux et la D.B.O. relativement modérée.

Les sels ammoniacaux, à des taux supérieurs à 0,500 mg/l, résultent généralement de pollution organique, avons-nous dit dans la première partie de ce travail. Cependant, ils peuvent également provenir d'une pollution industrielle minérale. Il est difficile de faire la part de l'une ou l'autre de ces origines. On constatera seulement que le taux des ions NH₄⁺ est surtout élevé lorsque le taux de sulfates est lui-même élevé, ce qui correspondrait à une origine minérale ; mais on remarque aussi que, si la rivière est peu polluée minéralement (analyse n° 47), le taux d'ions NH₄ demeure encore élevé (2,60 mg/l). Ceci prouve bien l'existence d'une importante fraction d'origine organique.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

La composition chimique de l'Ondaine, d'après les tableaux récapitulatifs, apparaît comme essentiellement variable : la résistivité, le T.H., le T.A.C., les ions Cl⁻ et Na⁺, varient dans les rapports de 1 à 3 ou de 1 à 4, les ions SO₄⁻⁻, NH₄⁺ ou NO₃⁻ de 1 à 8 ou de 1 à 10, et même plus. Ces faits sont normaux si nous considérons que l'Ondaine reçoit des effluents industriels, généralement déversés irrégulièrement.

Il est difficile, à travers ces tableaux, de voir l'image véritable de l'Ondaine en dehors de la pollution. On peut se la représenter par les

analyses n° 40 et 47 où l'on remarque une résistivité de plus de 3.500 correspondant bien à ce type de rivières de terrains cristallins. L'analyse n° 40 correspondant à une période de crue (5 m³/seconde), le rôle des effluents s'efface alors, du fait de leur dilution considérable. La crue entraîne généralement, par lavage des terrains bordant la rivière, un accroissement des matières en suspension et des matières organiques ; mais, d'habitude, les matières minérales ne sont pas augmentées et la résistivité trouvée peut être considérée comme la résistivité propre de la rivière. L'analyse n° 47, en dehors de période de crue, montre une eau d'une qualité exceptionnelle (nous n'avons d'ailleurs pas pu déterminer la raison de cette qualité, ce jour-là) ; D.B.O. à 3 mg/l, matières en suspension à 7 mg/l, résistivité à 3.500, T.H. et T.A.C. à 5,6 et 6,5 degrés ; seule la présence de sels ammoniacaux et, accessoirement, l'oxydabilité au permanganate légèrement élevée, témoignent d'une certaine pollution. Or, ce jour-là, l'Ondaine contenait 12 mg d'ions Cl⁻, 25 mg de SO₄⁻⁻ et 2,60 mg de NH₄⁺. Dans les autres analyses, si les ions Cl⁻ ne dépassent pas 25 mg, les ions SO₄⁻⁻ peuvent atteindre 200 mg/l et les ions NH₄⁺, 24 mg/l : c'est la preuve d'une importante pollution minérale industrielle.

En dehors de ces ions dominants, il faut remarquer que, sauf en ce qui concerne le fer, le manganèse, deux fois le fluor et une fois le phénol, jamais les ions toxiques ou indésirables n'ont dépassé les tolérances législatives des eaux d'alimentation. L'un des taux de fluor est d'ailleurs à la limite de cette tolérance, l'autre atteint un chiffre extrêmement élevé de 10 mg (vérifié par une nouvelle détermination analytique) mais que nous pouvons considérer, vu son isolement, comme une pollution accidentelle. Quant aux phénols dont la présence est très vraisemblable dans l'Ondaine, vu le genre de pollution dont elle est souillée, ils n'ont été retrouvés qu'une seule fois et à l'état de traces.

Les détergents sont retrouvés en quantité notable dans presque chaque échantillon et, deux fois, à des taux dépassant 0,500 mg/l.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Elle est considérable et, sauf dans les analyses n° 47 et n° 40, les trois catégories de germes recherchées sont toujours représentées par plus de 10.000 germes pour 100 ml.

F) CONCLUSION.-

Que l'Ondaine apparaisse comme une rivière extrêmement polluée est évident. Cette pollution relève, à la fois, d'effluents urbains et d'effluents industriels, en quantité d'ailleurs considérable. On peut s'étonner de ne pas trouver, à la fin du cours de cette rivière, des signes biologiques de pollution encore plus importants que ceux constatés : on peut en chercher l'explication soit dans une auto-épuration intense, soit dans la présence d'inhibiteurs au moment du test au laboratoire, inhibiteurs qui pourraient appartenir aux corps dérivés des goudrons.

Nous n'avons pas, dans nos examens systématiques, recherché la présence d'hydrocarbures ; cet examen sera repris dans quelques temps. Nous n'avons qu'exceptionnellement trouvé des phénols à l'état de traces, alors que les phénols peuvent apparaître comme une pollution normale de cette rivière. Ont-ils été rejetés effectivement par les industries ? Ont-ils été détruits aisément en raison de l'intense pollution organique de ce milieu (puisque, on le sait, la dégradation de ces corps est plus rapide dans les eaux d'égouts que dans les eaux pures) ? Sujet qui, du point de vue théorique, serait intéressant à préciser.

- ONZON -

A) GENERALITES.-

L'Onzon provient des monts du Lyonnais, massif cristallin, au nord-est de Saint-Etienne. Après avoir traversé le centre de La Talaudière, il rejoint le Furan en amont du village de l'Etrat. Il s'agit d'un très petit cours d'eau dont le débit est généralement inférieur au 1/10 de m³/seconde.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Le point de prélèvement établi par la Direction Départementale de la Construction de la Loire est situé à quelques dizaines de mètres, en amont du confluent avec le Furan, au pont où la route D.11^{bis} traverse la rivière. Il n'avait été prévu, à l'origine, que des prélèvements sans périodicité, dans un but de sondage. En réalité, ces prélèvements ont été effectués mensuellement. Le point est désigné sur la carte par l'abréviation L.Onz., et les analyses pratiquées, toutes complètes, sont inscrites dans nos tableaux récapitulatifs sous les n° 49 à 58.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

COMPARAISON DES D.B.O. THEORIQUES ET PRATIQUES.-

Il est impossible de comparer nos résultats avec les prévisions théoriques, car celles-ci nous font entièrement défaut. On peut seulement constater que les caractères de la pollution ne sont pas sans analogie avec ceux de l'Ondaine : grande irrégularité dans les résultats.

La D.B.O. varie de 4 à 180 mg/l d'O₂ ; l'oxydabilité au permanganate, de 1 à 87 mg/l d'O₂ ; les matières en suspension, de 30 à 1.500 mg/l. L'oxygénation est moins accentuée que celle de l'Ondaine : le taux de saturation oscille entre 43 et 69 % et, en valeur absolue, l'oxygène dépasse rarement 6 mg/l.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Une analyse effectuée en période de crue, en avril 1964, (analyse n°50), nous montre une résistivité élevée correspondant bien à la pauvreté ionique d'une rivière cristalline. La composition minérale de cet échantillon peut être considérée comme représentative de l'Onzon avant sa pollution. Il est d'ailleurs intéressant de comparer cette composition à celle du Langonand, affluent du Gier, qui prend sa source à quelques kilomètres de l'Onzon et dont le cours est parallèle jusqu'à hauteur de La Talaudière. Cette analyse (n° 238 - R.La) montre que la composition des deux rivières est presque semblable, sauf en ce qui concerne les sulfates. Or, nous voyons que, par rapport à l'analyse considérée comme analyse de base, les divers prélèvements de l'Onzon montrent une charge minérale élevée, constituée essentiellement de sulfates et, accessoirement, de bicarbonates

alcalins et alcalino-terreux. Le taux de sulfates atteint parfois le gramme par litre ; il est normal que, si ce taux s'élève lors de crue, l'Onzon soit plus riche en ce corps que le Langonand, dépourvu de pollution.

On peut noter, en outre, la richesse de cette rivière en sels de potassium. Les sels ammoniacaux ont des teneurs très irrégulières et on peut discuter sur leur origine, comme on l'avait fait pour l'Ondaine.

Parmi les éléments toxiques et indésirables, on retrouve du fer et du manganèse, irrégulièrement mais en quantité souvent importante, dépassant nettement les limites de tolérance ; l'arsenic est présent, à des taux relativement élevés, dépassant une fois cette limite. Les autres éléments sont toujours à un taux inférieur.

Les détergents sont constamment présents et, dans la moitié des cas, leur teneur approche ou dépasse 0,500 mg/l.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Elle est toujours considérable.

F) CONCLUSION.-

Il s'agit d'une petite rivière, très polluée, notamment par une charge élevée en sulfates.

- FURAN -

A) GENERALITES.-

Il s'agit d'une rivière, d'environ 40 kms de long, prenant naissance dans les contreforts ouest du mont Pilat, traversant Saint-Etienne, recevant, en aval de cette ville, l'Onzon que nous avons décrit ci-dessus, puis rejoignant la Loire au sud d'Andrézieux.

Aucune station de jaugeage n'est installée sur le Furan ; mais les mesures de débit effectuées par le service de l'E.D.F., en même temps que nos prélèvements, nous montrent que ce débit moyen est de l'ordre de 1 m³/seconde.

Cette rivière reçoit des pollutions multiples : outre les évacuations des eaux usées ménagères, s'y jettent des eaux polluées par les houillères, et des eaux industrielles diverses. Parmi les industries les plus polluantes, citons des usines de chromage, nickelage, des teintureries, des ateliers de décolletage, des coopératives laitières, des papeteries. Tout cela peut expliquer, dans le Furan, la présence de sels de chrome et de nickel, d'acides notamment sulfuriques, de cyanures, de sels d'étain, de colorants divers, de houilles solubles, de graisses, d'hydrocarbures, de goudrons, de savons et détergents divers, sans compter tous les produits organiques d'origine domestique ou industrielle.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

L'étude de cette rivière a été entreprise par la Direction Départementale de la Construction de Saint-Etienne. Les prélèvements furent donc effectués mensuellement, à partir du mois de mars 1964, aux deux points suivants :

Le point dit : *L.Fu2*, le plus en amont, est situé à quelques kilomètres en aval de Saint-Etienne, quelques dizaines de mètres avant le confluent de l'Onzon, près de l'Etrat, au pont de la route D.11^{bis}. On peut considérer que ce point correspond à la pollution maximum. Les analyses sont mentionnées dans nos tableaux sous les n° 59 à 68.

Le point dit : *L.Fu1*, en aval, est situé en fin de parcours, au pont de la route D.12, à Andrézieux. Environ 15 kilomètres de rivière séparent ce point du précédent. Les analyses sont mentionnées sous les n° 69 à 78.

C) INDICE DE POLLUTION GENERALE.-

COMPARAISON DES D.B.O. THEORIQUES ET PRATIQUES.-

1° - À L'ÉTRAT, AU POINT L.FU₂ :

L'aspect et l'odeur de la rivière suffisent à témoigner de son rôle d'égoût évacuateur de l'agglomération stéphanoise.

La D.B.O. varie de 60 à 250 mg/l. Il est difficile de comparer ces chiffres pratiques aux chiffres théoriques car ceux-ci n'ont pas été spécialement calculés pour l'agglomération stéphanoise : le rapport du Service de

Navigation Rhône-Saône indique pour une zone comprenant non seulement Saint-Etienne, mais toute la région comprise dans un rayon de 15 kilomètres autour de Saint-Rambert, une pollution domestique de 350 et, industrielle, de 330 milliers d'habitants-équivalents. On peut estimer que les 2/3 ou la moitié résultent de la zone proprement stéphanoise et se déversent dans le Furan. Or, pour un débit de 1 m³/seconde, cette pollution correspondrait à une D.B.O. de 400 mg/l d'O₂ pour la charge totale indiquée, soit environ 270 mg/l d'O₂ pour les 2/3 ou 200 pour la moitié de la charge. La pollution observée reste inférieure à ce chiffre théorique, mais en est peu différente.

Les deux mois, où le chiffre de D.B.O. est inférieur à 100, sont le mois d'avril où le débit du Furan était particulièrement élevé (près de 4 m³/seconde - nous verrons ultérieurement : la dilution des matières organiques polluantes lors de crues ne se manifeste pas toujours par une diminution correspondante de la D.B.O. ; dans le cas particulier d'une rivière aussi polluée que le Furan, il n'en est pas de même : l'apport organique résultant de la crue elle-même est très faible par rapport à la pollution propre de la rivière) - et le mois d'août, c'est-à-dire la période des vacances.

Cette importante demande biologique d'oxygène entraîne une sous-oxygénation très nette de la rivière : 7 fois sur 10, le pourcentage de saturation est inférieur à 25 % et la teneur, en valeur absolue, est inférieure à 3 mg/litre.

Les taux d'oxydabilité au permanganate sont toujours très variables, souvent peu élevés par rapport aux D.B.O. Une seule fois, elle est inférieure à 10 mg/litre.

Les matières en suspension, toujours supérieures à 100 mg, varient peu. Dans 8 cas sur 10, leur valeur est comprise entre 100 et 250 mg.

2° - À ANDRÉZIEUX, AU POINT L.Fu₁ :

Après un parcours de 20 kilomètres environ, sans pollution vraiment importante, que devient la pollution initiale ?

La D.B.O. s'est nettement abaissée, puisque 7 fois sur 10 elle est inférieure à 25 mg. Malgré des exceptions, il est certain qu'entre l'Etrat et Andrézieux, il se produit une auto-épuration considérable et qu'on ne peut considérer la pollution de Saint-Etienne comme susceptible de polluer la Loire en fonction de la valeur théorique de cette pollution organique. Une étude de cette auto-épuration serait très intéressante à entreprendre (analogue à celle déjà effectuée pour la Bourbre).

L'oxygénation, à Andrézieux, s'est nettement améliorée : les taux mensuels de saturation variant entre 50 et 70 % avec une moyenne de 63 % de la saturation (pour une D.B.O. moyenne de 40), elle peut être comparée à celle de l'Ondaine : 71 % (pour une D.B.O. moyenne de 30).

L'oxydabilité au permanganate s'est aussi très abaissée et, 6 fois sur 10, est inférieure à 10 mg/l. Comme pour la D.B.O., certains mois on ne constate pratiquement pas de différence entre l'oxydabilité à L.Fu₁ et à L.Fu₂ : sans doute, la composition chimique de la rivière a fortement varié entre les deux tranches qui correspondent aux prélèvements et ces deux exceptions n'enlèvent pas la valeur des résultats d'ensemble.

Les matières en suspension ont considérablement diminué : 6 fois, elles sont inférieures à 50 mg/l et ne dépassent jamais 120 mg (alors qu'à l'Etrat, une seule fois, un taux inférieur à cette limite a été trouvé).

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

1° - À L'ÉTRAT (L.FU₂) :

La minéralisation totale du Furan varie assez peu : si l'on met à part le mois d'avril (analyse n°60) où le Furan apparaît en forte crue, la résistivité se maintient toujours entre 1.600 et 1.100 ohm/cm. Mais, ce mois d'avril, elle dépassait 2.000, ce qui laisse supposer, comme on l'a vu pour l'Ondaine, qu'une forte proportion de la minéralisation provient de pollutions.

Les taux de chlorures et de sulfates varient dans des proportions importantes ; ceci est en faveur de leur origine polluante : les chlorures atteignent un taux de 240 mg/litre en mars, mais ne dépassent pas 11 mg en juillet, les sulfates varient entre 74 et 230 mg, le sodium entre 65 et 188. Un élément caractéristique est l'importance des teneurs en potassium qui atteignent presque 6 mg en moyenne.

Parmi les composés azotés, l'ammoniaque est l'élément prédominant. Les variations sont importantes (3 à 45 mg) et sont difficilement reliables aux taux des anions dans chaque prélèvement : ce fait laisse supposer une origine, non pas minérale mais organique, de cet ammoniaque, fait qui paraît normal étant donné l'importance de la pollution domestique de Saint-Etienne.

Parmi les éléments toxiques ou indésirables, le fer et le manganèse sont toujours présents en grande quantité ; du chrome, des cyanures, des phénols, du zinc, ont été retrouvés plusieurs fois à des taux dépassant la tolérance légale des eaux de boisson. L'arsenic est généralement présent à des taux inférieurs à ceux des tolérances légales, mais néanmoins en quantité notable.

Les détergents sont présents, à une dose élevée.

2° - À ANDRÉZIEUX (L.FU₁) :

La résistivité se trouve inchangée, parfois augmentée. Cette augmentation est surtout importante au mois d'avril où le débit, par suite des crues générales des petits cours d'eau de la région, avait doublé entre nos deux points de prélèvement, alors que les variations habituelles ne dépassent guère 20 %. Afin de comparer les modifications de la composition entre ces deux points, nous confronterons les moyennes des 10 mesures effectuées pour chaque élément, à chaque point. Le total des débits en L.FU₁ est de 1,25 fois celui des débits à L.FU₂. Le T.H. varie peu : 15°,1 à l'Etrat, 14°,1 à Andrézieux ; il en est de même pour les sulfates : 123,4 mg à l'Etrat, 122,4 à Andrézieux. Les chlorures semblent baisser considérablement puisqu'ils diminuent de 63,1 mg/l à 42,2 mg/l., mais, à l'Etrat, un chiffre insolite avait été trouvé en janvier - qui provenait certainement d'un prélèvement effectué lors d'une charge exceptionnelle en cet élément ; ce chiffre mis à part, la moyenne des 9 autres

résultats est de 42 mg/l. Un fait analogue se passe pour le sodium dont la moyenne tombe de 91,5 mg à l'Etrat, à 64,1 mg à Andrézieux ; mais la moyenne à l'Etrat, exception faite du prélèvement de janvier, n'est plus que de 80 mg. La diminution est donc modérée ; de même la moyenne du taux de potassium tombe de 9,1 à 5,8 mg/l.

Parmi les cations, c'est l'ammonium qui s'abaisse le plus : de 23,9 mg, la moyenne tombe à 10,6 mg. Il est normal qu'à cette dégradation de l'ammoniaque par auto-épuration, corresponde une augmentation des nitrates et des corps intermédiaires, les nitrites : la moyenne des nitrates passe de 1,3 à 6,1 ; là encore, il faut mentionner un résultat anormal en nitrates en août ; mis à part celui-ci, la moyenne, à Andrézieux, s'établit à 3,9 mg. La moyenne des nitrites passe de 0,26 à 1,48. Etant donné que ce n'est pas la même tranche liquide que nous avons analysée à l'Etrat et à Andrézieux, ces chiffres, bien que corrigés par le fait qu'il s'agit de chiffres moyens, ne peuvent être qu'indicatifs : tels qu'ils sont, ils correspondent assez bien à la transformation théorique de l'ammoniaque en nitrites et nitrates.

En résumé, on observe une baisse des cations (potassium, sodium, ammonium et, à moindre degré, calcium), une stabilisation et même une légère augmentation (nitrates) des anions cités. Il est donc normal que, pour rétablir l'équilibre ionique, le Furan, à Andrézieux, soit moins riche en bicarbonates ; c'est ce qui se produit : la moyenne du T.A.C. passe de 20° à 12°.

Quant aux toxiques, la baisse de la teneur en fer et en manganèse (de 0,55 à 0,46 pour le premier, et de 0,21 à 0,17 pour le second) correspond exactement à l'augmentation du débit. Les deux mois où du zinc avait été trouvé en forte quantité à l'Etrat, on retrouvait également en forte quantité cet élément à Andrézieux. L'arsenic se retrouve toujours en présence notable. Par contre, jamais en ce point, n'ont été trouvés du chrome hexavalent, des phénols, des cyanures.

Les détergents sont aussi abondants, sinon plus, à Andrézieux qu'à l'Etrat.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

A l'Etrat, la pollution a toujours été extrême et a dépassé 10.000 germes par 100 ml.

A Andrézieux, il en est le plus souvent de même, mais parfois des chiffres inférieurs sont constatés. Il est probable qu'une auto-épuration s'est exercée malgré l'abondance de la contamination.

F) CONCLUSION.-

Que le Furan, à l'Etrat, puisse être considéré comme un égout est un fait indéniable. Cet égout présente les caractères d'un effluent à la fois domestique et industriel, avec des polluants variés.

Avant de rejoindre la Loire, il subit une auto-épuration biologique qui réduit sa D.B.O. des $\frac{3}{4}$ en moyenne, son oxydabilité au permanganate de moitié, et son taux de matières en suspension des $\frac{3}{4}$. La plus grande partie des sels ammoniacaux a été transformée en nitrates.

A la suite de cette épuration, l'oxygénation de la rivière, très faible à l'Etrat, s'améliore nettement à Andrézieux. Certes, l'épuration n'est pas complète : le Furan a toujours l'aspect d'une rivière de forte pollution ; la D.B.O. demeure élevée ; la présence de nitrites, l'abondance de l'ammoniaque, attestent des processus biologiques encore en activité. Mais, comparée à l'égout de l'Etrat, l'amélioration est considérable.

La pollution minérale a moins diminuée : certes, il semble que les corps les plus toxiques ou les plus gênants comme les phénols, les cyanures, le chrome, ont disparu. Mais le fer et le manganèse, les détergents, l'arsenic, n'ont guère subi de modifications ; les sulfates sont toujours abondants.

Cependant, cette pollution chimique n'entraîne pas sur la composition chimique de la Loire des conséquences déterminantes.

- MARE -

A) GENERALITES.-

Il s'agit d'une rivière de 40 kilomètres environ, prenant naissance dans les monts du Forez. Elle traverse notamment la région de Sury-le-Comtal et reçoit alors des effluents d'abattoirs, d'industries de décapage, nickelage, et des égouts. Elle rejoint la Loire à Montrond-les-Bains. Aucune station de jaugeage n'est établie sur la Mare.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Le point choisi fut le pont de la départementale D. 106 (L.Ma), à Boisset-les-Mares. Deux analyses seulement furent pratiquées (n° 81 et 82), dont une complète.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

La D.B.O. fut trouvée une fois à 3, mais une fois à 5. Cette élévation peut s'expliquer par la date du prélèvement (avril) correspondant à des périodes de crues dans la région.

Dans les deux prélèvements, le taux des matières en suspension fut faible, l'oxygénation excellente (90 % de saturation).

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

En avril, lors d'une crue, la résistivité s'éleva à plus de 9.000 ohm/cm³ ; en dehors de cette période, on la trouva néanmoins à près de 6.000, ce qui correspond à une très faible minéralisation. Il n'a pas été trouvé d'éléments toxiques en quantité notable.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Elle apparaît comme assez élevée.

F) CONCLUSION.-

La Mare apparaît comme une rivière peu polluée ; il serait intéressant de vérifier si le chiffre de D.B.O., constaté en avril, correspond à la crue ou à une pollution due à Sury-le-Comtal.

- COISE -

A) GENERALITES.-

Il s'agit d'une rivière d'une quarantaine de kilomètres de longueur, prenant naissance dans les monts du Lyonnais, traversant la région des petites industries de Saint-Symphorien-sur-Coise où elle reçoit des effluents de conserveries, de tanneries et des égouts, et de Saint-Galmier, avant de rejoindre la Loire à Montrond-les Bains. Aucune station de jaugeage n'est installée sur la Coise.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

Le point choisi fut le pont de la route nationale 82, entre Meylieu et Cuzieu. Deux analyses seulement furent réalisées dont l'une, complète (n° 79 et 80).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

Les D.B.O. furent trouvées peu élevées : à 4 et 3 mg d'O₂/litre ; les matières en suspension sont très basses. Un pourcentage d'oxygène, à 64 % seulement, surprend. L'autre analyse décèle 87 %. Au total, ces deux échantillons montrent une pollution très modérée.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

L'analyse complète (n° 80) précise qu'il s'agit d'une rivière de minéralisation moyenne, riche en chlorures de sodium, dépourvue d'éléments toxiques à doses notables. Cette teneur en ClNa est-elle normale ou provient-elle d'une pollution ? L'analyse n° 79 simple montre une résistivité beaucoup plus élevée, correspondant davantage à la nature d'une rivière d'origine granitique. Cette analyse fut faite en avril, période de crue pour la plupart des rivières de la région, qui a tendance à diminuer par dilution l'influence des pollutions.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Assez importante en avril, s'expliquant par la crue, elle est par contre peu prononcée en octobre.

F) CONCLUSION.-

Cette étude très sommaire devrait être complète pour déceler la présence ou non d'une pollution d'ailleurs, semble-t-il, très modérée.

- LIGNON ET VIZERY -

A) GENERALITES.-

Ces deux affluents de la rive gauche de la Loire naissent dans les monts du Forez : le Lignon à l'est du Puy Gros, le Vizery au sud-est de La Pierre-sur-Haute. Ce dernier traverse Montbrison, avant de se diriger vers le nord où il rejoint le Lignon à Poncins. Le Lignon, après avoir traversé Sail-sur-Couzan, reçoit l'Onzon venant de Noirétable, pollué, mais très en amont, par des usines de laminage à la Salle et les abattoirs et égouts de Noiretable ; puis il traverse une petite région industrielle de Leigneux, Boën, Montverdun, Saint-Etienne-Le-Molard, où il reçoit des effluents domestiques et industriels (forges, ateliers de décapage et de laminage, chromage et nickelage, papeteries) ; enfin, après avoir reçu le Vizery, il rejoint la Loire au nord de Feurs. Aucune station de jaugeage n'existe sur ces cours d'eau.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

Deux furent choisis sur le Vizery : le plus en amont, à l'aval de Montbrison (L.Vi₂), et le second à Poncins (L.Vi₁), pont de la route reliant Poncins à Montverdun. Sur le Lignon (L₄), le point fut choisi sur le pont de la N. 89, au nord de Poncins. Deux prélèvements furent réalisés à chacun de ces points (analyses 83 à 88).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

Si, lors des prélèvements d'avril (en période de crue), les D.B.O. furent aux 3 points assez basses (3 et 4 mg d'O₂ par litre), il n'en est pas de même en octobre : la D.B.O. atteignait 6 et 7 sur le Vizery, et 20 sur le Lignon. Les matières en suspension ne furent jamais élevées et l'oxygénation excellente : de l'ordre de 90 % en avril et supérieure à la saturation en octobre (par une journée très ensoleillée).

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

En avril, les résistivités furent toujours élevées, comme nous l'avons vu dans ce bassin sud de la Loire (de 14.000 à 16.000). En octobre, cette élévation demeurerait pour le Lignon, mais s'abaissait à 6.000 pour le Vizery. Rien à signaler dans la composition chimique, sinon un taux d'ammoniaque relativement élevé (0,77) dans le Lignon en octobre correspondant à la D.B.O. à 20 signalée ci-dessus (analyse n° 84) ; les toxiques sont généralement absents et toujours en quantité inférieure à la limite de tolérance des eaux de boisson ; à noter, cependant, un taux de fluor parfois important.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Elle assez irrégulière, mais toujours nette.

F) CONCLUSION.-

La pollution signalée sur le Lignon surprend par son importance. Il serait intéressant de la vérifier.

- RHINS ET TRAMBOUZE -

A) GENERALITES.-

Le Rhins naît dans les monts du Beaujolais, dans la région du mont Pinay ; il traverse la région d'Amplepuis et de Saint-Jean-la-Bussière où, en plus d'égouts, il reçoit des effluents de fabriques de pansements, d'usines de teintureries et d'apprêts. Peu après, il est grossi de la Trambouze. Cette rivière, qui a traversé Cours et Bourg-de-Thizy, a reçu des effluents industriels d'usines de tissage, de teintureries, et des égouts. Le Rhins s'écoule vers la Loire, recevant encore des effluents de laiteries et de textiles à Regny, des effluents industriels (aciéries) de Saint-Symphorien-de-Lay. Il rejoint la Loire au nord de Roanne, après avoir reçu les égouts du Coteau. Aucune station de jaugeage n'existe sur ces cours d'eau.

B) POINTS DE PRÉLEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Le point de prélèvement de la Trambouze est situé au sud de Bourg-de-Thizy, au pont de la route départementale D. 99 (L.Tr). Les prélèvements du Rhins (L.Rh) furent effectués à quelques kilomètres en amont de Roanne, au pont de la route reliant le village de Saint-Vincent à la nationale 7. Deux analyses furent pratiquées à chacun de ces points (analyses n° 89 à 92).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

Si la Trambouze apparaît assez polluée avec des D.B.O. à 6 et 12 mg d'O₂ par litre, une oxydabilité au permanganate à 17, en octobre 1964, des taux d'oxygène assez bas (36 % de saturation en octobre), le Rhins par contre, avant le Coteau, apparaît beaucoup moins pollué. Les D.B.O. étudiées sont de 3 et 4. Mais, si en avril, le taux de saturation d'oxygène atteignait 85 %, en octobre il n'était que de 55 %, laissant supposer une importante consommation pour réaliser l'auto-épuration.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

En période de crue, la Trambouze présente une résistivité de 5.600 ohm/cm (analyse n° 89). Dans l'autre analyse : elle descend à 1.090, avec une quantité considérable de sulfates et de sodium d'origine certainement industrielle, du fer, et des détergents en très grande quantité, un taux d'NH₄ dépassant le gramme.

Le Rhins présente une minéralisation moyenne, avec diminution des taux des éléments polluants cités ci-dessus.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Importante pour la Trambouze en période de crue, moindre en octobre, elle est beaucoup plus réduite pour le Rhins.

F) CONCLUSION.-

Les analyses pratiquées mettent en évidence une pollution très nette de la Trambouze, qui semble s'auto-épurer assez rapidement dans le cours du Rhins. Il serait intéressant d'approfondir ces données.

- OUDAN -

Nous ne dirons que quelques mots sur cette petite rivière qui traverse des établissements industriels et reçoit leurs effluents juste avant sa jonction avec la Loire, à Roanne. Il s'agit donc, dans sa portion terminale, d'un égout : les 4 prélèvements (analyses n° 93 à 96) ont été réalisés entre l'arrivée de ces effluents et la Loire.

On voit l'importance de la D.B.O., l'irrégularité de la minéralisation, avec, notamment en septembre (analyse n° 95), l'abondance des chlorures alcalins et alcalino-terreux, et la présence de chrome. Les détergents ont été trouvés en grande quantité, les 3 fois où ils ont été recherchés.

- LOIRE -

A) GENERALITES.-

Toutes les rivières que nous venons d'étudier se jettent dans la Loire. Certaines sont très polluées. Aussi, cette pollution pose un double problème : celui de l'hygiène des riverains et celui de sa répercussion sur la Loire elle-même. C'est ce dernier point que nous allons examiner. Le cours de ce fleuve dans le département de la Loire peut être divisé en sections.

1) - Ce fleuve pénètre dans la région Rhône-Alpes, en aval d'Aurec, où débute le lac de retenue du barrage de Grangent. L'Ondaine se déverse en amont de cette retenue, puis, à Andrézieux, la Loire reçoit le Furan. A ce moment, par l'intermédiaire de ces deux rivières, la plus grande partie de la pollution du bassin stéphanois s'est déversée dans le fleuve. Une quinzaine de kilomètres plus loin, en amont de Montrond, par l'intermédiaire de la Coise et de la Mare, lui parviennent les pollutions plus minimes des régions de Sury-le-Comtal et Saint-Symphorien-sur-Coise. Par la suite, le développement d'une zone industrielle, dans la région de Bouthéon, entraînera une pollution directe de la Loire. A Montrond, nous aurons donc une image d'ensemble de l'influence, sur la Loire, de la pollution de la partie méridionale du Forez.

2) - Plus au nord, à Feurs, la Loire reçoit, par l'intermédiaire du Lignon grossi du Vizery, la pollution des régions de Montbrison et de Boën. Ultérieurement, le développement d'une zone industrielle, à Feurs, augmentera la pollution de cette zone centrale par rejet direct dans la Loire.

3) - Enfin, la Loire, après avoir traversé trente kilomètres de gorges, pénètre dans le bassin de Roanne. La pollution est généralement déversée directement dans le fleuve, ou par l'intermédiaire de sections terminales de rivières jouant le rôle d'égout (Oudan, Renaison). Le point de prélèvement le plus septentrional, situé à quelques kilomètres au nord de Roanne, permet à la fois de vérifier l'influence de cette zone sur l'état de la Loire, et également d'apprécier la qualité de ce fleuve à la sortie de la région Rhône-Alpes ; la limite de cette région n'étant distante que d'une vingtaine de kilomètres. Le débit d'étiage de la Loire est alors 4 m³/seconde.

Dans chacun de nos paragraphes habituels d'étude des critères de qualité des cours d'eau, nous étudierons successivement la situation dans ces 3 secteurs, après avoir en quelques mots signalé la situation de la Loire en amont, dans la région du Puy.

La comparaison des résultats de D.B.O. et des calculs théoriques de celle-ci aux différents points de la Loire est réalisée à l'aide du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône, qui étudie 3 zones de pollutions correspondant à peu près aux 3 secteurs décrits.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Les points de prélèvements ont été fixés à Saint-Just-sur-Loire et à Montrond par la Direction Départementale de la Construction de la Loire, responsable de l'enquête sur la pollution du bassin stéphanois ; à Roanne, par le

Service des Ponts-et-Chaussées de Roanne, qui nous avait confié une étude sur la Loire de cette ville. En outre, nous avons effectué quelques prélèvements à Saint-Priest-la-Roche, quelques prélèvements en amont, au Puy à titre de comparaison.

La publication du rapport du Service de Navigation nous est parvenue après le début de notre enquête ; sinon, nous aurions pu modifier nos points de prélèvements, de façon à pouvoir comparer plus aisément nos résultats pratiques aux résultats théoriques prévus dans ce rapport.

Quoiqu'il en soit, les points exacts de prélèvements sont les suivants :

- L₁ : Loire, au pont de la route nationale 88, à Brives-Charensac, en amont du Puy.
- L₂ : Loire, au pont de la route nationale 103, en amont de Peyredeyre, en aval du Puy.
- L₃ : Loire, au pont de Saint-Rambert et Saint-Just-sur-Loire, sur la route D. 8.
- L₄ : Loire, au pont de Montrond sur la route nationale 496.
- L₅ : Loire, au pont de Saint-Paul-de-Vézelin.
- L₆ : Loire, à hauteur de Vernay, en amont de Roanne.
- L₇ : Loire, au pont d'Aiguilly, sur la route nationale 482, en aval de Roanne.

En L₁ et L₂ : les prélèvements n'ont été réalisés qu'une seule fois (analyses n° 1 et 2).

En L₃ et L₄ : les prélèvements ont été effectués mensuellement depuis mars 1964 (analyses n° 3 à 22).

En L₅ : 3 prélèvements ont été effectués (analyses n° 23 à 25).

En L₆ : 6 prélèvements ont été effectués } (analyses n° 26 à 38).
En L₇ : 7 prélèvements ont été effectués }

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

COMPARAISON DES D.B.O. THEORIQUES ET PRATIQUES.-

1° - LOIRE EN AMONT DE LA RÉGION RHÔNE-ALPES.

Nous n'avons fait qu'une seule fois des prélèvements de la Loire près du Puy. En amont de cette ville (L₁) la D.B.O. était de 4 mg/l ; mais après (L₂), elle s'élevait à 10 mg/l ; le pourcentage de saturation d'oxygène passait, d'un point à l'autre, de 75 % à 38 %. Par ailleurs, on n'observait pas de changement dans les taux de matières en suspension et l'oxydabilité au permanganate.

2° - LOIRE DANS LE BASSIN STÉPHANOIS.

a) - Exposé des résultats :

- A Saint-Rambert-sur-Loire, quelques kilomètres après le barrage de Grangent, on remarque que :

La D.B.O. est en général assez faible : 5 fois sur 10, inférieure à 3 mg/l et, les 5 autres fois, comprises entre 3 et 5 mg/l. La moyenne est de 3,1 mg/l : la pollution que l'on avait (sur un seul prélèvement, il est vrai) constatée à la sortie du Puy s'est épurée après 60 kilomètres de traversées de gorges : la pollution importante de l'Ondaine, déversée en amont du barrage, ne laisse pratiquement aucune trace sur la Loire.

L'oxygénation est bonne en général mais, plusieurs fois, le taux de saturation a été inférieur à 70 %. La moyenne est de 74 %.

L'oxydabilité au permanganate est en général faible, le chiffre maximum obtenu étant de 4,2 mg/l d'O₂.

Les taux de matières en suspension sont très bas (toujours inférieurs à 20 mg/litre. Moyenne : 12,5 mg/litre).

- *A Montrond*, c'est-à-dire à l'extrémité nord de la zone de pollution de Saint-Etienne, nous constatons que :

La D.B.O. est, dans l'ensemble, légèrement plus élevée ; jamais inférieure à 3 mg et, 6 fois, elle dépasse ce chiffre, une fois notamment pour atteindre 7 milligrammes. La D.B.O. moyenne est de 4 mg/litre.

L'oxygénation, par contre, est bonne : une seule fois, elle est inférieure à 70 % de saturation ; la moyenne des taux de saturation est de 81 %, donc supérieure à celle constatée à Saint-Rambert.

L'oxydabilité au permanganate, faible dans l'ensemble, est toutefois plus élevée qu'à Saint-Rambert : 4 fois, elle atteint ou dépasse 4 mg/l ; jamais supérieure à 5,4 mg/litre.

Le taux de matières en suspension est plus élevé : la moyenne est de 23 mg. Cependant, il reste toujours inférieur à 50 mg/litre.

b) - Signification des résultats :

Il apparaît, en définitive, que la pollution de la Loire s'aggrave, faiblement mais nettement, entre Saint-Rambert (L₃) et Montrond (L₄). L'influence du Furan peut, à priori, être considérée comme responsable de ce fait. Est-il possible de préciser cette influence ?

D'après les jaugeages pratiqués par les soins de l'E.D.F. de Saint-Etienne, lors de nos prélèvements, on peut estimer que les variations normales de débit du Furan se situent entre 0,70 et 1,90 m³/seconde. En fonction de ces variations du débit de la Loire et de la D.B.O. du Furan, on peut estimer l'accroissement de la D.B.O. de la Loire après l'apport du Furan.

La D.B.O. de la Loire augmente théoriquement de 1 mg d'oxygène, lorsque la D.B.O. du Furan varie de :

- 1,3 à 3,4 mg/l d'oxygène pour un débit de la Loire de 2,5 m ³ /seconde	
- 5,2 à 13,6 mg/l " " " " " 10 m ³ /seconde	
- 13 à 34 mg/l " " " " " 25 m ³ /seconde	
- 26 à 68 mg/l " " " " " 50 m ³ /seconde	

(la fixation exacte de la D.B.O. du Furan dépend du débit de celui-ci).

A partir de ces données, on peut calculer les accroissements des D.B.O. de la Loire, résultant des D.B.O. effectivement décelées dans le Furan lors de nos prélèvements :

- en juillet et en août, les débits de la Loire étant de l'ordre de 2,5 m³/seconde et les D.B.O. du Furan de 18 et de 10, la D.B.O. de la Loire devrait augmenter de 6 et 3 mg/l.

- en septembre, octobre, novembre et décembre, les débits de la Loire étant de l'ordre de 10 m³/seconde, les D.B.O. du Furan de 4, 24, 20 et 60 mg/l d'oxygène, les augmentations devraient être de 0,5, 2, 2 et 6 mg ;

- en juin, le débit de la Loire étant de l'ordre de 25 m³/seconde, la D.B.O. du Furan de 175 mg, l'augmentation devrait atteindre 7 mg/l ;

- en mars et mai, les débits étant de l'ordre de 50 m³/seconde, les D.B.O. du Furan de 15 et 50, l'augmentation devrait être de 0,5 et 2 mg/l.

Cependant, nous avons considéré, dans nos calculs, les résultats mensuels de nos mesures de D.B.O. ; ceux-ci, comme nous aurons à le préciser, ne représentent que la D.B.O. d'une tranche de rivière, et non la D.B.O. moyenne du Furan. On peut se demander si nos prévisions ne seraient pas plus correctes en les établissant à partir de cette D.B.O. moyenne. Celle-ci peut être estimée à 40 mg/l (moyenne des 10 mesures, y compris les résultats extrêmes de 175 mg/l et de 4 mg/l). Dans ce cas, les augmentations de D.B.O. de la Loire seraient :

- en juillet et en août, de 16 et 12 mg/l ;

- en septembre, octobre, novembre, décembre, de 3, 4, 4 et 5,5 mg/l ;

- en juin, de 1,2 mg/l ;

- en mars et mai, de 2 et 1,3 mg/l.

Ainsi, la pollution apportée par le Furan est souvent peu ressentie par la Loire : on peut dire que le Furan fonctionne comme une station d'épuration transformant les égouts de Saint-Etienne de telle manière que, pour un débit suffisant de la Loire, leurs rejets dans ce fleuve n'augmente que de quelques milligrammes sa D.B.O.

Cette D.B.O. semble augmenter au maximum de 4 à 5 mg/l pour tout débit de la Loire supérieur à 10 m³/seconde.

Les résultats de mesures de D.B.O. pratiquées à Montrond nous ont toujours donné des résultats inférieurs à ceux calculés théoriquement. L'augmentation de la D.B.O., entre Saint-Rambert et Montrond, n'excède jamais 2 mg et cela, seulement 2 mois sur 10 ; les augmentations constatées sont toujours plus faibles que les augmentations prévues. Entre ces 2 points, il s'est réalisé une épuration suffisante. Il serait très utile de conduire une étude de l'auto-épuration du Furan, et également de la Loire, dans les 10 à 20 kilomètres en aval du confluent.

En résumé, l'énorme pollution de Saint-Etienne n'a qu'une influence faible ou transitoire sur la Loire : à Montrond, la pollution de ce fleuve est peu supérieure à celle observée à Saint-Rambert et, en fait, de faible importance.

e) - Comparaison avec le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône :

La comparaison de nos résultats, à Montrond, avec ceux que laisse prévoir le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône est intéressante.

La charge totale, déversée dans la Loire et ses affluents dans ce secteur, correspond à 349 milliers d'habitants-équivalents pour la population

et 330 milliers d'habitants-équivalents pour l'apport industriel : calculés sur un débit d'étiage de 3,7 m³/seconde, ces 679 milliers d'habitants-équivalents représentent une D.B.O. de 110 m³/seconde. Or, on a vu que le maximum de D.B.O. trouvé à Montrond est de 7 mg/l et que, lors d'étiages plus bas que celui pris comme référence, la D.B.O. ne dépasse pas 3 et 4 mg/l.

Cependant, ce même rapport, pour la même zone, prévoit une augmentation de la charge, en 1985, de 208 milliers d'habitants-équivalents (industrie et population) la portant à 887 ; la D.B.O. théorique deviendrait 144 mg/l. Il est bien évident qu'un tel chiffre de D.B.O. ne sera pas atteint dans la Loire, mais un accroissement de la pollution de 30 % est susceptible de rompre l'équilibre actuel, et entraîne une D.B.O. de la Loire dépassant les 5 mg/l d'O₂ que l'on trouve généralement. Cela, d'autant plus que la plus grande partie de l'accroissement industriel prévu se situe en bordure de la Loire elle-même, et la polluera directement sans pouvoir bénéficier de l'auto-épuration qui se produit dans les effluents torrentiels de la région. Il y aura donc lieu d'être attentif dans la surveillance de l'épuration des nouveaux établissements.

3° - LOIRE DANS LE NORD DE LA PLAINE DU FOREZ.

a) - Exposé des résultats :

A Saint-Paul-de-Vézelin, nous avons fait 3 prélèvements.

Les D.B.O. s'étagent de 3 à 6 mg/l d'O₂, la moyenne (4,3) est analogue à celle trouvée à Montrond.

L'oxydabilité au permanganate est excellente.

Les matières en suspension, toujours inférieures à 25 mg/l.

L'oxygénation est meilleure qu'à Montrond, le pourcentage de saturation atteint 80, 90, 95 %).

b) - Signification des résultats :

Le maintien, ou tout au moins la non aggravation des D.B.O., malgré l'apport de la pollution du Lignon et du Vizery et la pollution directe de la Loire à Feurs, s'explique soit par la faiblesse de cette pollution, soit par une auto-épuration la neutralisant. On remarque l'importance de l'oxygénation, plus élevée qu'à Montrond, elle-même supérieure à celle de Saint-Rambert.

c) - Comparaison avec le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône :

La zone polluante du Lignon-Vizery correspond à une pollution de 22 milliers d'habitants-équivalents, donc faible : elle devrait entraîner une D.B.O. de la Loire, à l'étiage (3,8 m³/seconde), de 3,5 mg/l. En réalité, nous avons vu qu'il n'y avait pas d'aggravation de la pollution d'après nos résultats.

Par suite d'un développement industriel de la région de Feurs, la pollution risque d'atteindre 63 milliers d'habitants-équivalents en 1985, ce qui amènera, à l'étiage, une pollution propre de 10 mg/l de D.B.O. Il est possible qu'une telle augmentation de pollution, d'autant plus qu'elle sera déversée directement dans la Loire, ait une influence sur la qualité de celle-ci.

4° - LOIRE À ROANNE.

a) - Exposé des résultats :

- A Vernay (L6), lors des 7 prélèvements effectués :

La D.B.O. n'a jamais excédée 4 mg/l d'O₂ et la moyenne des D.B.O. est de 3,4 mg/l. Nous nous retrouvons à peu près dans les conditions de Saint-Rambert. Il semble que l'épuration des pollutions antérieures soit complète.

L'oxygénation, pratiquement égale ou supérieure à 80 % (moyenne des taux de saturation : 84 %), est excellente.

L'oxydabilité au permanganate est très faible : toujours inférieure à 3,5 mg/l d'oxygène (moyenne : 1,4).

Les matières en suspension ne dépassent pas 20 mg/l.

- Au pont d'Aiguilly (L7) par contre, en aval de Roanne, la D.B.O. n'est jamais inférieure à 5 mg/l d'oxygène et la moyenne des D.B.O. est de 7,5 mg/l.

L'oxygénation est très variable, entre 12 et 81 % du taux de saturation (moyenne : 69 %).

L'oxydabilité au permanganate est, dans l'ensemble, un peu plus élevée (moyenne : 3,5), et un résultat atteint 8,7 mg/l d'oxygène.

Les matières en suspension sont, 4 fois sur 6, supérieures à 20 mg/l. Elles demeurent néanmoins toujours inférieures à 50 mg/l.

b) - Signification des résultats :

Entre ces deux points de prélèvements, se sont déversées dans la Loire, toutes les pollutions de l'agglomération roannaise : il est donc logique que la pollution du fleuve ait nettement augmentée.

Il est intéressant de préciser l'évolution de cette pollution entre ces deux points extrêmes. Une étude entreprise par les Ponts-et-Chaussées de Roanne, qui ont bien voulu nous autoriser à utiliser les résultats obtenus, et des examens complémentaires faits par nous-même nous éclairent sur cette évolution.

Entre le point de prélèvement L6 à Vernay, et le point L7 au Pont d'Aiguilly, le cours de la Loire peut être divisé en 2 parties par un barrage situé légèrement en aval du pont de la route nationale 7.

Dans la partie amont, la Loire représente un important plan d'eau, où se déversent quelques égouts de faible importance et le Renaison, petit affluent de la rive gauche qui, dans sa partie terminale, joue le rôle d'égout. Dans cette zone, des prélèvements ont été effectués en bateau : 1 au centre du fleuve au niveau de Vernay, puis 2 prélèvements, un près de la rive droite, et l'autre près de la rive gauche ; en aval de Vernay, au pont de la S.N.C.F., de la route nationale 7, et en amont du barrage. Sur 69 déterminations de D.B.O. effectuées, 3 seulement furent supérieures à 5 mg/l, et la moyenne des résultats est de 3,7 mg/l (à rapprocher du chiffre de 3,4 trouvé pour les 6 prélèvements effectués en 1964 au centre de la Loire, à Vernay, retenus pour la statistique générale).

On remarque que : les D.B.O. de la rive gauche, où se déversent plusieurs égouts, sont plus élevées que celles de la rive droite : la moyenne des

31 D.B.O. des prélèvements effectués sur la rive gauche est de 3,9 mg/l d'oxygène, alors que la moyenne des 31 D.B.O. des prélèvements de la rive droite est de 3,4 mg/l.

De toute manière, la pollution de ce secteur est faible et se perd dans un vaste plan d'eau.

La partie aval du barrage est bien différente. Plusieurs égouts importants se déversent, de la rive gauche, dans le fleuve. Ce sont notamment, d'amont en aval : l'égout dit des abattoirs, l'Oudan (qui dans son cours terminal joue le rôle d'égout) et un égout industriel particulièrement abondant. Des prélèvements ont été effectués en aval de ces trois déversements, mais également en amont de l'égout industriel. Plusieurs kilomètres séparent cet égout du pont d'Aiguilly, point extrême de notre étude.

Huit prélèvements de la rive gauche, en aval de l'égout des abattoirs, montrent une pollution locale importante, se traduisant par une D.B.O. moyenne de 20 mg/l. Plus en aval, les prélèvements montrent une atténuation de cette D.B.O. : la moyenne des mesures est de 10 à 12 mg/l en aval de l'Oudan, de 6 à 7 mg/l en amont de l'égout industriel. Ces divers rejets entraînent des baisses de la résistivité aux lieux de prélèvements. Une certaine homogénéité semble s'être réalisée en amont de l'égout industriel, car, en ce point, la résistivité se rapproche de celle observée en amont du barrage. L'influence locale de l'égout se manifeste par une diminution massive de la résistivité en aval de son déversement, et une augmentation importante de la D.B.O. Une étude sérieuse de son influence aurait nécessité des analyses de divers profils de la Loire, selon des méthodes que nous décrirons à la fin de ce travail. Nous dirons simplement que, du fait soit de la dilution, soit de l'auto-épuration, son influence est très atténuée au pont d'Aiguilly : la moyenne des D.B.O. est presque identique à celle des mesures pratiquées en amont de l'égout. Toutefois, à ce pont, le fleuve est loin d'avoir retrouvé les qualités qu'il possédait en amont de Roanne. Sa D.B.O., le plus souvent supérieure à 5 mg/l, atteint une fois, durant la saison sèche il est vrai, 20 mg/l. Il apparaît donc que, dans quelques circonstances, la Loire soit incapable de supporter les pollutions qu'on lui impose.

c) - Comparaison avec le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône :

Le rapport définit une "zone polluante principale" qui correspond essentiellement à Roanne et à ses environs. Cette zone aurait une pollution de 290 milliers d'habitants-équivalents, dont 213 d'origine industrielle, pour un débit d'étiage de la Loire de 4 m³/seconde ; à la sortie du département, cette charge entraînerait une D.B.O. supplémentaire de 43 mg/ d'oxygène. Or, à la sortie de Roanne, la D.B.O. de la Loire n'a jamais dépassé 20 mg. Nous

n'avons pas eu connaissance des débits correspondant à nos prélèvements, mais, en juillet, la Loire était très basse et correspondait certainement à l'étiage.

Il apparaît néanmoins que, à quelques kilomètres de Roanne, la D.B.O. moyenne de la Loire a augmenté et approche, dans nos expériences, de 7 mg/l d'oxygène. Si, comme le laisse prévoir le rapport du S.N.R.S., l'accroissement de la pollution, d'ici 1985, augmente d'environ 200 milliers d'habitants-équivalents (soit pour un débit de 4 m³/seconde, une augmentation de la D.B.O. de 30 mg/l d'oxygène), il est certain que se poseront des problèmes extrêmement sérieux d'épuration.

Il est regrettable que nos mesures se soient bornées à l'aval immédiat de Roanne. Il serait intéressant de connaître le pouvoir épurateur de la Loire dans la quinzaine de kilomètres qui sépare le pont d'Aiguilly des limites de la région Rhône-Alpes. Il est possible que, contrairement à ce qui se passe entre Andrézieux et Montrond, cette distance s'avère insuffisante pour assurer, en basses eaux, une épuration correcte de la masse polluante considérable provenant de l'agglomération roannaise.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

1° - LOIRE EN AMONT DE LA RÉGION RHÔNE-ALPES.

Que ce soit en amont ou en aval du Puy, la Loire apparaît comme une rivière de région granitique, c'est-à-dire peu minéralisée (résistivité de 7.000 à 8.000 ohms/cm). Si l'on trouve en L₂ des teneurs élevées en sels ammoniacaux (3,20 mg/l), cela provient de la pollution de la ville du Puy, que nous avons signalée précédemment.

2° - LOIRE DANS LE BASSIN STÉPHANOIS.

La minéralisation de la Loire demeure faible : en novembre, alors que la résistivité au Puy était de 7.000 ohms/cm, elle était à Saint-Rambert de 5.700 ohms/cm. Cette résistivité est d'ailleurs relativement basse pour ce fleuve où les valeurs de 10.000 à 12.000 ohms/cm ne sont pas exceptionnelles.

En novembre toujours, et par rapport à la composition de la Loire au Puy, la Loire, à Saint-Rambert, présente une alcalinité et un T.H. analogues, mais un taux nettement plus élevé de sulfates, chlorures et sodium. Les sels d'ammonium ont presque disparu, mais les nitrates sont présents en quantité non négligeable.

Les autres mois ne présentent pas de différences caractéristiques, si ce n'est qu'en période de crue notamment (mars et avril) la minéralisation décroît encore, et notamment au dépend des ions Cl⁻, Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺, et Na⁺).

Il n'a jamais été constaté des teneurs importantes en éléments toxiques ou en détergents.

A Montrond, la Loire garde ses caractères principaux ; toutefois, la minéralisation est dans l'ensemble légèrement accentuée. Les moyennes des T.H. passent, de Saint-Rambert à Montrond, de 4 à 5,7 degrés, les chlorures de 6,4 à 11,6 mg/l, les sulfates de 14 à 27 mg/l, le sodium de 10,6 à 18,6 mg/l et les nitrates de 3,9 à 5,8 mg/l. 4 fois, les sels d' NH_4 sont supérieurs à 0,50 mg/l : reste de matières organiques non entièrement épurées, ou sels minéraux. La question est difficile à trancher. La présence constante de nitrites serait en faveur de la première hypothèse. Le fer apparaît plus fréquemment, toujours en petite quantité d'ailleurs et, 2 fois, la présence de chrome a été observée, ainsi que la présence de zinc (en quantité peu élevée). Les détergents, pratiquement absents à Saint-Rambert, apparaissent à des taux notables à Montrond.

L'influence des pollutions s'est donc assez nettement fait sentir puisque des produits toxiques comme le chrome se retrouvent dans ce fleuve, par ailleurs d'excellente qualité.

3° - LOIRE DANS LE NORD DE LA PLAINE DU FOREZ.

Nous n'avons pas assez de résultats à Saint-Paul-de-Vézelin pour établir des moyennes, mais, dans l'ensemble, il ne semble pas y avoir de changement important par rapport à la composition de la Loire à Montrond.

4° - LOIRE À ROANNE.

- **A Vernay**, la moyenne des 6 prélèvements effectués montrent peu de changements avec les moyennes de Montrond : T.H. de 5°,2 (Montrond, 5°,7), chlorures : 10,6 mg/l (Montrond, 11,6), sulfates : 21 mg/l (Montrond, 27 mg), sodium : 15,8 mg/l (Montrond, 18,6), nitrates : 3,7 mg/l (Montrond, 5,8). On ne peut tenir compte de différences aussi faibles, les prélèvements n'ayant pas été effectués aux mêmes dates. Les toxiques et les détergents n'ont pas été trouvés, sauf à l'état de traces. On voit toujours apparaître du manganèse, d'ailleurs en faible quantité.

- **Au Pont-d'Aiguilly**, par contre, la minéralisation s'est nettement accentuée : si le T.H. moyen demeure à 5,5, les chlorures à 14 mg, les sulfates montent à 68 mg, le sodium à 36 mg. Ce qui frappe, c'est l'irrégularité des taux de sulfates qui varient de 11 mg en avril à 236 mg en juillet et du sodium qui, pour les mêmes mois, varient également de 6 mg à 124 mg. Il s'agit là de rejets industriels irréguliers que l'on peut saisir ou non, selon le hasard des dates de prélèvements. Les toxiques sont parfois présents, généralement à l'état de traces ; mais on note, 2 fois, la présence de chrome et, une fois, la présence de zinc à des doses dépassant les seuils de tolérance. Les détergents sont présents en quantité nettement décelable.

Si donc généralement, à la sortie de Roanne, la composition chimique de la Loire correspond à un fleuve de bonne qualité, il peut arriver que certaines tranches d'eaux, polluées par des rejets irréguliers d'effluents industriels, soient de qualité inférieure. Il serait utile de remédier, dans la mesure du possible, à ces pollutions qui pourraient présenter des inconvénients certains, si le développement industriel de la région doit encore les accroître.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

En amont et en aval du Puy, la Loire apparaît comme très polluée, ce qui est logique étant donné que les prélèvements ont été effectués en pleine zone urbaine.

Par contre, à Saint-Rambert, après le bassin de décantation représenté par le barrage de Grangent, la pollution est très diminuée. Si le taux des "coliformes" est toujours élevé, les *Escherichia coli* ne sont que dans 2 cas sur 10 supérieurs à 1.000 et les streptocoques fécaux n'atteignent jamais ce chiffre. Mais, à Montrond, la contamination est à nouveau plus intense et ce n'est que dans 4 cas sur 10 que les *Escherichia coli* sont en nombre inférieur à 1.000.

A Saint-Paul-de-Vézelin, la pollution, très intense en période de crue en avril, est plus modérée dans les deux autres prélèvements.

Enfin, si à Vernay, la Loire présente une pollution faible, elle est en général très élevée à Aiguilly. Certains résultats, à priori aberrants, constatés notamment en juillet : l'absence presque de germes à Commelle, très faible quantité d'*Escherichia coli* et de streptocoques fécaux à Aiguilly, peuvent s'expliquer par la présence de toxiques (notamment de zinc) qui polluent ces eaux. Les prélèvements ayant été faits sans protection spéciale et les ensemencements mis en route seulement le lendemain, il est possible que dans les conditions de milieu et de pH existant (8,3 à Vernay) les germes aient été plus facilement détruits.

F) CONCLUSION.-

A son entrée dans le département de la Loire, ce fleuve peu pollué est soumis, durant la traversée de ce département, à de rudes pollutions.

S'il n'existait pas d'auto-épuration, à l'étiage, sa D.B.O. au sortir de la zone Rhône II devrait atteindre 166 mg/l. Et cependant, le seul examen que nous ayons de la Loire, à l'étiage, à cet endroit, nous montre une D.B.O. de 20 mg. Une D.B.O. de 166 mg/l pour un débit de 4 m³/seconde signifie encore une D.B.O. de l'ordre de 15 mg/l pour un débit de 50 m³ (débit rarement atteint). Or, nous n'avons jamais constaté dans la Loire, en dehors de la proximité immédiate de zone de pollution, de D.B.O. supérieure à 5 ou 7 mg/l d'O₂. C'est donc que la Loire épure aisément, aidée de ses affluents, les pollutions organiques qui s'y déversent. Nous avons insisté sur la neutralisation parfaite des pollutions de la région stéphanoise. Cependant, bien que résistant à la pollution organique, la Loire semble souvent près d'un équilibre qui lui permet juste de maintenir sa D.B.O. dans une limite raisonnable. C'est un fleuve très irrégulier et son débit, en période de basses eaux, est faible. Sans doute, dans ces périodes, son caractère torrentiel, sa faible profondeur, ses parcours souvent accidentés, permettent une excellente oxygénation et, de ce fait, une auto-épuration. Néanmoins, on ne saurait demander un effort plus grand que celui fourni, et tout développement de la pollution, non suivi de mesures rigoureuses d'épuration, peut être dangereux.

Résistant fort bien à la pollution organique, il résiste également dans une certaine mesure à la pollution chimique : très peu minéralisée du fait de son origine granitique, une pollution saline, modérée, est encore très tolérable. Mais cette pollution, à la différence d'une pollution organique, ne s'élimine pas, et nous avons vu que, à la sortie de Roanne, les teneurs en sulfates atteignent parfois des chiffres inquiétants. C'est un des points où une surveillance attentive apparaît nécessaire.

2^{ème} SECTION : LES AFFLUENTS DU RHÔNE EN AMONT DE LYON

La plupart des affluents du Rhône en amont de Lyon arrosent un territoire bien déterminé, correspondant à un bassin versant du rapport du Service de Navigation Rhône-Alpes ; c'est le cas des rivières suivantes :

l'Arve.	(bassin versant n° 1 du rapport du Service de Navigation)
la Valserine. . . .	(bassin versant n° 3 du rapport du Service de Navigation)
les Usses	(bassin versant n° 5 du rapport du Service de Navigation)
le Fier	(bassin versant n° 6 du rapport du Service de Navigation)
la Bourbre.	(bassin versant n° 10 du rapport du Service de Navigation)
l'Ain	(bassin versant n° 11 du rapport du Service de Navigation)

Certains bassins versants du rapport englobent, au contraire, les bassins naturels de plusieurs rivières, c'est ainsi que :

- Le bassin versant n° 2 est traversé par de nombreux cours d'eau se jetant dans le lac Léman, rive sud, dont la Dranse est le principal. Le bassin versant n° 9, s'étendant sur les rives nord et sud du Rhône, est parcouru par le Furan, le Seran et le Guier : seule cette dernière rivière est l'objet de notre étude.

Quant aux bassins n° 4 (Pays de Gex), n° 7 (rive droite du Rhône au sud de Bellegarde), n° 13 (rives droite et gauche du Rhône en amont de Lyon), ils ne comportent aucune rivière importante et nous les passerons sous silence dans cette 2^{ème} section.

Parmi ces affluents, l'Arve présente des caractères particuliers : d'origine glacière, son cours est torrentiel, mais son débit relativement régulier. Au contraire, les autres affluents sont des torrents dont les variations dans les débits moyens mensuels, entre les crues d'hiver et les basses eaux d'été, atteignent des rapports de 1 à 10 (Fier en 1959) ou de 1 à 20 (Ain en 1960). Ces variations influent peu sur le débit du Rhône car les 3/5 du volume de ce fleuve, aux abords de Lyon, sont constitués par la masse d'eau issue du lac Léman : le Fier et l'Ain, les deux seuls affluents à débit notable, charrient en moyenne respectivement 45 et 120 m³/seconde.

Tous ces affluents parcourent les régions calcaires des préalpes ou du Jura, et tous sont de composition presque exclusivement bicarbonatée calcique.

- DRANSES -

A) GENERALITES.-

Les Dranses de Morzine et d'Abondance se réunissent une douzaine de kilomètres avant le lac Léman, où elles se jettent entre Evian et Thonon. Leur bassin fait partie du bassin versant n° 2 du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône qui comprend, en outre, toutes les petites rivières alimentant le lac Léman sur la rive française.

Les Dranses sont des rivières torrentielles dont le débit d'étiage est de l'ordre de 2 à 3 m³/seconde. Nous n'en avons fait qu'une étude sommaire. La pollution se déverse non pas directement dans le Rhône, mais dans le lac Léman et relève de commissions chargées d'enquêtes sur l'état de ce lac.

La pollution du bassin versant est d'ailleurs très faible : d'après le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône, elle serait, en 1962, de près de 60 milliers d'habitants-équivalents pour la part domestique et nulle pour la part industrielle. En 1985, l'extension apportera, du point de vue théorique, 17 à 18 milliers d'habitants-équivalents dont 2 seulement correspondant à une zone industrielle prévue près de Thonon.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

Le premier prélèvement (analyse n° 97) a été réalisé au pont de la route N. 202, en amont de Thonon, à la sortie des gorges de la Dranse.

Les suivants (analyses n° 98 à 100) ont été pratiqués immédiatement en amont du pont de la route N. 5.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

La D.B.O. a été 3 fois sur 4 inférieure à 3 mg/l d'oxygène, la quatrième fois à 5 mg/l. Nous n'avons pas eu communication des débits de la rivière à ce prélèvement, mais elle paraissait en crue. Ceci explique l'augmentation de la D.B.O.

Théoriquement, cette rivière est peu polluée : la pollution de 60 milliers d'habitants-équivalents en 1962, pour un débit de 2,6 m³/seconde (analyse n° 97), entraîne une D.B.O. de 1,5 mg/l d'oxygène environ : nous avons trouvé 3 mg/l. Pour les analyses n° 99 et 100, le débit étant de 20 et 18 m³/seconde environ, la D.B.O. n'est plus qu'une fraction de milligramme. Mais des taux aussi bas ne sont qu'exceptionnellement rencontrés en pratique, les chiffres de 2 et 2,5 mg/l d'oxygène nous semblent donc concorder avec la réalité.

L'oxygénation est très bonne, tous les taux de saturation étant égaux ou supérieurs à 80 %.

L'oxydabilité au permanganate, pratiquée une seule fois, nous a donné un chiffre de 6,9 mg/l qui semble difficilement interprétable.

Les matières en suspension sont toujours inférieures à 50 mg, et en grande partie minérales.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

La minéralisation, toujours modérée, est néanmoins fort variable. La résistivité varie de 1.800 à 3.200 ohm/cm. L'analyse d'octobre (n° 100), la seule complète, correspond à une minéralisation moyenne de 2.500 ohm/cm ; la constitution de l'eau est essentiellement bicarbonatée calcique. Cependant, comme dans toute la région, les taux de sulfate sont importants et ceux de chlorure bas. Il n'y a pas de toxique à doses notables.

E) EXAMENS BACTERIOLOGIQUES.-

Le premier prélèvement montre une eau très pure. Les 3 autres, situés dans les limites de l'agglomération de Thonon, décèlent une contamination bactérienne nettement plus élevée, mais non considérable, en ce qui concerne du moins les streptocoques fécaux et les escherichia coli.

F) CONCLUSION.-

A quelques centaines de mètres de son embouchure, la Dranse apparaît comme une rivière peu polluée. Le développement prochain de la population et de la zone industrielle se fera certainement en bordure du lac, et entraînera une pollution de celui-ci et non de la Dranse.

- ARVE -

A) GENERALITES.-

Le bassin de l'Arve est un bassin de près de 2.000 km², traversé par l'Arve grossie du Giffre, de la Borne et de la Ménage. Ce bassin correspond au bassin versant n° 1 du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. C'est une région riche en eau ; le débit d'étiage de l'Arve est estimé à 30 m³/seconde environ et le débit moyen à 80 m³/seconde. En outre, ce débit est très régulier : en 1959, le rapport entre le débit maximum et le débit d'étiage fut de l'ordre de 3 (tout au moins en fin de parcours).

L'Arve prend naissance dans le massif du Mont Blanc ; ses premiers affluents viennent de ces régions granitiques, mais la plupart sont issus des régions calcaires des préalpes (Massif du Chablais, des Aravis) où le sol est souvent riche en sulfates : les sources qui alimentent les cours d'eau, les nappes alluviales, ont des taux élevés en cet élément, notamment dans la basse vallée de l'Arve : il n'est pas rare de rencontrer des eaux de source ou de forage dont la teneur en sulfates dépasse très largement 250 mg/litre.

Le développement prévu de la population est très important : en 1985, elle est susceptible de correspondre à 1,7 fois celle de 1962 (146.000 habitants en 1962 et 239.000 en 1985). Cette augmentation correspond surtout à une extension du tourisme ; mais dans la basse vallée de l'Arve et dans certaines vallées adjacentes, un développement industriel n'est pas exclu : des zones industrielles sont prévues à Sallanches, Passy, Cluses, Thyez, et surtout Annemasse.

Ce développement pose un problème : celui de trouver de nouvelles ressources en eau. Du point de vue quantitatif, nous avons vu qu'il n'y avait aucune difficulté. Du point de vue qualitatif, il n'en est pas de même et, en anticipant sur nos conclusions, nous verrons qu'il existe un intérêt à ne pas polluer irrémédiablement l'Arve. Heureusement, le développement doit surtout se localiser dans la région d'Annemasse, en fin de vallée ; alors que la charge polluante industrielle doit passer de 73 milliers d'habitants-équivalents (en 1962) à environ 195 (en 1985), 112 des 122 milliers d'habitants-équivalents supplémentaires doivent provenir de la zone d'Annemasse. Dans les centres annexes de Cluses, Bonneville, Thyez, etc., l'accroissement industriel est envisagé comme plus limité ; cependant, la nature de cette industrie régionale est inquiétante : la mécanique de précision, le décolletage, le chromage et le nickelage, entraînent une pollution organique faible mais une élimination de toxiques particulièrement redoutable pour l'utilisation humaine de l'eau.

On comprend donc que les administrations proposent une étude importante des ressources d'eau souterraine de la région en vue de découvrir, si possible, des nappes qualitativement correctes.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Quatre points de prélèvements ont été choisis. Ce sont, d'amont en aval :

- Au pont de Domancy (R.Ar₄), à Passy, sur la route N. 100 en aval des zones de Chedde, Passy, Le Fayet.

- Au pont de Vougy (R.Ar₃), à Marignier, sur la route D. 26, 25 kilomètres en aval du précédent, en aval des zones de Cluses, Scionzier, Thyez, en amont du confluent de la Giffre.

- Au pont N. D., à Arthaz (où se trouve une station de jaugeage), sur la route D. 202 (R.Ar₂), 20 kilomètres en aval du point précédent.

- Au pont de la route N. 206, immédiatement au sud d'Annemasse (R.Ar₁).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

COMPARAISON DES D.B.O. THEORIQUES ET PRATIQUES.-

La D.B.O. de l'Arve est en général excellente puisque, sur 13 mesures, toutes sont inférieures à 4 mg/l d'O₂, sauf une qui atteint 8 mg/l. D'une façon générale, il semble que ce soit en amont d'Annemasse (R.Ar₂) où les résultats sont les meilleurs. La pollution d'Annemasse ne s'est pas encore fait sentir et l'auto-épuration des effluents qui, de Passy à Cluses, se sont successivement déversée dans l'Arve, a eu le temps de se réaliser : Arthaz étant plus éloigné de sources importantes de pollution que Vougy (R.Ar₂) ou Domancy (R.Ar₁).

Le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône calcule spécialement la charge polluante correspondant à la zone en amont d'Arthaz ; en 1962, elle était de 112 milliers d'habitants-équivalents. Pour un débit d'étiage de 32 m³/seconde, cette charge entraîne une D.B.O. de 2 mg/l d'oxygène environ. C'est ce que nous obtenons en pratique (analyses n° 108 à 111). Certes, souvent le débit de l'Arve est supérieur, mais nous avons déjà signalé, et nous le reverrons, qu'il est impossible de comparer exactement en fonction du débit les résultats théoriques et pratiques, lorsque les chiffres de D.B.O. sont très faibles. L'augmentation prévisible de la charge de cette zone (180 milliers d'habitants-équivalents en 1985) ne doit pas entraîner de conséquence importante sur la D.B.O. de l'Arve, à Arthaz.

Il est plus difficile de comparer l'influence de la pollution de la région d'Annemasse. Nous n'avons pratiqué que deux analyses : le point de prélèvement, d'ailleurs, laisse échapper une partie de la pollution de la zone industrielle. Il est difficile de choisir un point aisé d'accès, étant donné la densité de population de la région et la proximité de la Suisse et du Rhône. Disons simplement que le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône estime à 2,4 la D.B.O. théorique actuelle de l'Arve en fin de parcours, alors qu'en 1985, pour une charge polluante d'environ 400 à 440 milliers d'habitants-équivalents, cette D.B.O. est susceptible d'atteindre 7 à 8 mg/l d'oxygène.

L'oxygénation de cette rivière rapide est bonne : la moyenne des taux de saturation aux divers points de prélèvement est de l'ordre de 80 % (4 prélèvements donnent des résultats inférieurs, mais supérieurs à 70 %).

L'oxydabilité au permanganate est faible : 6 des 7 déterminations effectuées donnent des résultats inférieurs à 2 mg ; mais la 7^{ème} indique une consommation de plus de 7 mg/l d'oxygène, ce qui nous paraît assez surprenant.

Les matières en suspension sont en quantités variables. Alors que la moyenne générale est basse (2 déterminations sur 12 sont inférieures ou égales à 50 mg/l), on observe 3 fois des taux dépassant 100 mg/l. 2 de ces taux se retrouvent à la même date : mai 1965 (analyses 102 et 109) ; on remarque que dans la partie supérieure de la rivière, à Passy, la rivière était en crue. Ces crues, dans les hautes vallées, entraînent toujours des phénomènes érosifs importants qui expliquent ces taux élevés de matières en suspension.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Nous avons pratiqué 8 analyses complètes sur 13 prélèvements ; dans tous les cas, la résistivité a été déterminée. On constate une grande irrégularité dans cette résistivité (de 1.800 à 5.000 ohm/cm), fait provenant sans doute de l'origine soit calcaire, soit granitique ou glacière, des torrents constituant la rivière. Dans tous les cas, les taux de chlorures, de sodium et de potassium, sont très bas. Les sulfates sont surtout élevés lorsque la résistivité est basse : on peut dire que, d'une façon générale, le T.A.C. représente les 2/3 du T.H. et que les sulfates assurent les anions complémentaires dans la balance ionique. L'Arve est initialement une rivière peu minéralisée qui reçoit des effluents calcaires dont la minéralisation est assurée, pour les 2/3, de bicarbonate terreux et, pour 1/3, de sulfate de calcium ; à noter, que le taux de sulfate n'a jamais dépassé 80 mg/litre.

Les composés azotés montrent une particularité : les nitrates ne sont jamais trouvés à des taux élevés : maximum = 2,12 ; il en est de même des sels ammoniacaux : sur 8 recherches, 2 seulement ont été positives et indiquent des teneurs de 0,57 et 0,45. Par contre, les 8 prélèvements ont montré la présence de nitrites à des taux pouvant atteindre et dépasser le milligramme. Sans doute, faut-il voir là le stade intermédiaire d'une épuration active.

Il n'a jamais été trouvé d'éléments toxiques ou indésirables, à part le fer et le fluor, tous deux en quantité minime nettement inférieure aux limites de tolérance.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Les points de prélèvements sont presque toujours situés en aval de zones de pollution. Nous trouvons toujours une contamination bactérienne très prononcée.

F) CONCLUSION.-

Nous nous trouvons en présence d'une rivière dont la pollution est peu accentuée. Elle présente l'intérêt de conserver une composition chimique

correcte, alors que la plupart des eaux des nappes alluviales de la vallée inférieure sont riches en sulfates, ce qui les rend souvent inaptes à l'alimentation et même à certains emplois industriels. Malheureusement, cette rivière reçoit de nombreux effluents qui sont susceptibles d'amener des produits toxiques. Jamais ces produits n'ont été trouvés au cours de notre enquête, dans l'Arve, en nos points de prélèvements⁽¹⁾. Mais il est préférable d'assurer une surveillance très stricte et une épuration parfaite dans les déversements de ces effluents, car l'Arve serait, pour de nombreuses localités de la vallée, la source d'eau la meilleure par sa qualité.

(1) - Toutefois, au cours d'examens antérieurs à cette enquête, des toxiques ont pu être décelés dans des égouts se déversant dans l'Arve et dans la rivière elle-même, immédiatement en aval de ces égouts.

- VALSERINE -

A) GENERALITES.-

La Valserine est la rivière principale d'un bassin d'environ 375 km², désigné dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône comme le bassin versant n° 3. Il s'étend dans le Jura, région calcaire de massifs plissés ou fracturés. Le débit d'étiage de la Valserine n'excède pas 1 m³/seconde.

C'est une région faiblement peuplée : environ 20.000 habitants en 1962. L'industrialisation est modérée : dans l'ensemble du bassin, sont réparties de petites industries agricoles (fromageries et porcheries de Mijoux, par exemple) ; le seul centre industriel important se trouve à la fin du cours de la Valserine, de Lancrans à Bellegarde, où des ateliers de chromage et diverses industries métallurgiques et textiles amènent une charge polluante non négligeable.

L'ensemble de la charge polluante industrielle était estimée, en 1962, à 52 milliers d'habitants-équivalents. Pour 1985, un accroissement de 60 milliers d'habitants-équivalents est prévu, dans la seule région de Bellegarde d'ailleurs.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Le seul point de prélèvement choisi a été fixé à 2 kilomètres environ, en amont du confluent avec le Rhône, de la passerelle d'une ancienne usine électrique (R.Va). Il est évident que ce point ne permet pas de vérifier l'influence de la pollution de la zone de Bellegarde ; mais un prélèvement en aval de cette ville est impossible : la ville est située à l'emplacement même du confluent et le barrage de Génissiat retenant les eaux du Rhône entraîne un reflux de ce fleuve dans le lit de la Valserine. A ce titre, on peut dire que la pollution de Bellegarde intéresse le Rhône et non la Valserine. Trois analyses seulement ont été effectuées (n° 114 à 116), dont une complète.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

La D.B.O. est très faible : inférieure à 2,5 mg/l d'O₂. Toute comparaison avec les indications du Service de Navigation Rhône-Saône est impossible, puisque la pollution de Bellegarde, incluse dans la pollution de ce bassin versant, est exclue de notre point de prélèvement. On peut simplement dire que la pollution organique des industries agricoles du cours supérieur ne laisse plus de traces à Bellegarde.

L'oxygénation est excellente : supérieure à 80 %.

L'oxydabilité au permanganate est très faible.

Les matières en suspension sont en petite quantité (moins de 15 mg/l).

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Les trois mesures de résistivité indiquent des valeurs très voisines. Au total, la Valserine apparaît comme peu minéralisée. L'analyse complète (n°115) montre qu'il s'agit d'une rivière de composition presque exclusivement bicarbonatée calcique, les autres éléments étant en faible quantité. En particulier, les éléments toxiques ou indésirables n'ont pas été retrouvés, sauf le fer et le fluor en quantité nettement inférieure à la tolérance administrative.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Si les coliformes sont en nombre élevé, les escherichia coli et streptocoques fécaux sont en quantité relativement restreinte.

F) CONCLUSION.-

Le bassin de la Valserine apparaît comme peu pollué, si on exclut la zone de Bellegarde. Celle-ci, d'ailleurs, doit être directement rattachée au Rhône du fait de sa situation géographique.

- USSES -

A) GENERALITES.-

Les Usses représentent la source hydrographique d'un bassin de 300 km² environ, situé dans les massifs calcaires de la rive gauche du Rhône, au sud de la frontière suisse. Ce bassin correspond au bassin versant n° 5 du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. Si les cours d'eau sont nombreux, le débit général est faible : à l'étiage, il ne représente que 0,5 m³/seconde.

La population de cette région est clairsemée et comprend 13.500 habitants. L'industrie est également disséminée : au total, la charge polluante industrielle représente moins de 3 milliers d'habitants-équivalents. Un développement important est prévu : la zone industrielle de Seyssel pourrait, en 1985, amener une charge polluante de 15 milliers d'habitants-équivalents environ. Mais cette zone se développera, comme pour Bellegarde, en bordure du Rhône, et cette pollution intéressera directement ce fleuve et non le bassin versant des Usses.

B) POINT DE PRELEVEMENTS- RYTHME DES ANALYSES.-

Afin d'éviter le reflux des eaux du Rhône dans la partie inférieure du cours des Usses, reflux résultant des barrages de Seyssel, le point de prélèvement a été fixé au Pont-Rouge, 4 à 5 kilomètres en amont du confluent (R.U.s), sur la route N. 92.

Quatre prélèvements ont été effectués (n° 117 à 120), dont un a été suivi d'une analyse complète.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

La D.B.O. a toujours été trouvée inférieure à 3 mg/litre. La discordance avec le rapport du Service de Navigation Rhône-Alpes est nette. En effet, d'après ce rapport et malgré une faible pollution, la D.B.O. des Usses à l'étiage devrait être considérable : car à une charge polluante de 16,5 milliers d'habitants-équivalents, ne correspond qu'un débit d'étiage de 0,5 m³/seconde. Ceci entraîne une D.B.O. de 19,5 mg/l d'oxygène. Ce bassin est le type même de bassin où les calculs statistiques risquent d'aboutir à des conclusions erronées : en effet, les prévisions reposent presque entièrement sur un débit d'étiage faible ; que ce débit soit de 2m³/seconde, et là D.B.O. théorique passe de 19 mg/l à 5 mg/l. Or, les exemples sont nombreux (et le lecteur n'aura qu'à feuilleter les tableaux récapitulatifs de résultats pour s'en rendre compte) où les variations de débit n'entraînent pas de variations de D.B.O., lorsque celle-ci est minime. En réalité, la D.B.O. des Usses est faible car la pollution générale du bassin est très disséminée : à mesure que les matières organiques sont rejetées dans la rivière par petite quantité, elles sont chaque fois détruites par auto-épuration, d'où une charge polluante des cours d'eau pratiquement nulle. Le chiffre de D.B.O. que l'on constate en fin de parcours correspond non à une pollution

plus ou moins diluée dans une plus ou moins grande masse d'eau, mais simplement à des variations de charge accidentelle au moment du prélèvement ; charge provenant certainement plus des matières organiques entraînées des rives par la rivière, ou apportées par les pluies, que d'effluents domestiques ou industriels déversés. C'est ainsi que pour un débit de 7 m³/seconde (analyse n° 118), la D.B.O. était de 3 mg/l d'oxygène ; pour un débit 5 fois plus faible (analyse n° 117), la D.B.O. devrait théoriquement être 5 fois plus forte : elle n'est, en réalité, que de 2,5 mg/litre.

L'oxygénation est bonne : 3 fois égale ou supérieure à 80 %, une fois à 75 % de saturation.

Les matières en suspension ont été 2 fois peu élevées, mais une fois à 59 mg et une fois à plus de 100 mg ; ce dernier chiffre correspond à une période de crue où le débit correspondait à 15 fois le débit d'étiage.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

La résistivité moyenne de la rivière est de l'ordre de 2.500 ohm/cm, correspondant à une minéralisation moyenne. Cette résistivité s'élève à plus de 3.000 en période de crue. L'analyse complète effectuée en novembre (n° 120) montre qu'il s'agit d'une rivière de composition essentiellement bicarbonatée calcique, avec des taux de chlorures et de sulfates faibles. On ne trouve aucun élément toxique ou indésirable, si ce n'est du fluor à des quantités bien inférieures à la limite de tolérance.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Pollution moyenne dans la plupart des prélèvements effectués.

F) CONCLUSION.-

Il s'agit d'une rivière peu polluée, contrairement à ce que laissait prévoir l'étude statistique théorique, et cette étude reste intéressante pour une comparaison des méthodes d'estimation théorique ou pratique de pollution.

- FIER -

A) GENERALITES.-

Le bassin du Fier s'étend sur 1.300 km² autour du lac d'Annecy et correspond au bassin versant n° 6 du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône.

Le Fier prend naissance dans le massif des Aravis, traverse le nord du bassin et reçoit, en fin de parcours, le Cheran ; son débit d'étiage est de 6,6 m³/seconde, son débit moyen annuel de 45 m³/seconde environ. Cette abondance en eau est heureuse car, contrairement aux bassins de la Valserine et des Usses étudiés jusqu'alors, le bassin du Fier semble appelé à un important développement humain et industriel. De plus, ce développement doit se localiser non pas à l'extrémité du bassin, sur le Rhône, mais en son centre même.

La population de 105.000 habitants en 1962, doit s'élever à 175.000 en 1985 (130.000 pour l'agglomération d'Annecy). La charge polluante industrielle de 32 milliers d'habitants-équivalents en 1962, doit augmenter, dans la zone industrielle et urbaine d'Annecy, à 150 milliers d'habitants-équivalents. Il en résulte que la charge polluante totale doit s'élever (de 1962 à 1985) de 137 à 357 milliers d'habitants-équivalents.

Les centres industriels actuels principaux sont : Annecy (industries du bâtiment, métallurgiques, chimiques, textiles, alimentaires, tanneries, fonderies et forges), Rumilly (industries métallurgiques diverses, tanneries et surtout laiteries et fromageries), Faverges (dont la plus grande partie de la pollution est évacuée non sur le lac d'Annecy, mais sur la Chaize et l'Arly).

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Deux points ont été choisis :

- Le plus aval (R.Fi1) est situé en aval du Val de Fier, à quelques centaines de mètres du confluent avec le Rhône, au pont de la route N. 491.

- Le plus amont (R.Fi2) est situé immédiatement en amont d'Annecy et du Thiou (rivière reliant le lac d'Annecy au Fier), au pont de la route N.508, à Cran-Gevrier.

Quatre prélèvements ont été effectués au premier de ces points (analyses n° 124 à 127), trois au second (analyses n° 121 à 123), dont une analyse complète pour chacun d'eux.

Le choix de ces points peut être très discuté ; il aurait été modifié si, au début de notre travail, nous avions eu connaissance du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône.

Les estimations de débit du Fier, citées dans ce rapport, sont celles établies à la station de Vallières, en amont du Val de Fier, quelques kilomètres après le confluent du Fier et du Cheran. Au cours des 10 kilomètres qui séparent cette station du Rhône, le Fier ne reçoit pratiquement pas d'affluents ou d'effluents domestiques et industriels. Mais des barrages rompent le rythme et le débit de la rivière : ces retenues, ainsi que les nombreuses cascades qui fragmentent le Val du Fier, jouent certainement un rôle dans l'épuration. Il serait intéressant de comparer la pollution du Fier en amont de Vallières (ou mieux, du Fier et du Chéran séparés, en amont de leur confluent) et en aval du Val du Fier : le premier point nous aurait précisé la pollution à la fin de la zone économique du bassin ; le second, la pollution que le Fier, après auto-épuration, apporte au Rhône : seul, ce dernier point ressortira de notre enquête.

De même, le pont de Cran-Gevrier est choisi très près de la ville d'Annecy. Il serait préférable de désigner un lieu plus aval où les eaux du Thiou et du Fier seraient mélangées avec plus de certitude.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

La D.B.O. du Fier, à Cran-Gevrier, après réception du Thiou, n'est pas aussi élevée qu'on pourrait le penser : les 3 mesures donnent les résultats de 3, 4 et 1,5 mg/l d'O₂. Au pont de la N. 491 près du confluent du Rhône, les résultats sont meilleurs, ce qui n'a rien de surprenant, et les D.B.O. sont de 2,5, 3, 2 et 1,5 mg/litre.

Quelles sont les prévisions théoriques de D.B.O. ? Pour un débit d'étiage de 6,6 m³/seconde, les 137 milliers d'habitants-équivalents représentent une D.B.O. de 12,3 mg/l d'O₂. Pour un débit de 20 m³/seconde, cette D.B.O. devrait être 3 fois moins forte, soit 4 mg/l ; or, les 3 fois où le débit fut de cet ordre, la D.B.O. fut de 2,5, 2 et 1,5 ; il est probable que même à l'étiage nous aurions des chiffres de cet ordre. Le débit réel influence peu la D.B.O. lorsque celle-ci est très basse ; nous l'avons signalé à propos des Usses. Le chiffre le plus élevé correspond à une D.B.O. de 3 mg/l (analyse n° 125) et fut trouvé le jour où le débit était 4 fois plus important, soit 100 m³/seconde, et devait entraîner une D.B.O. de l'ordre de 1 mg/l : les 3 mg de D.B.O. trouvés correspondent non à la pollution calculée théoriquement, mais à la pollution résultant des matières organiques entraînées lors de la crue.

L'oxygénation est bonne, en général. Elle est supérieure à Cran-Gevrier où pourtant la D.B.O. et la pollution sont plus élevées. Au point R.Fi₁, un prélèvement montre un taux de saturation de 60 % : peut-être faut-il voir là l'influence de la retenue du barrage, immédiatement en amont.

L'oxydabilité au permanganate a été recherchée deux fois : les taux d'oxydabilité sont faibles.

Les matières en suspension sont à des taux variables : importants à Cran-Gevrier, moindres au point R.Fi₁. Les taux particulièrement importants du mois de mars (130 et 52 mg/l en R.Fi₂ et R.Fi₁) s'expliquent par une période de crue au moment des prélèvements. On constate, en outre, fréquemment l'importance de la fraction minérale : ceci s'explique par le caractère torrentiel de la rivière, le nombre des défilés qui facilitent le caractère érosif de son cours.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

La comparaison des résistivités à Cran-Gevrier et au pont de la N. 491 exprime peu de changements entre ces deux points. Le Fier est une rivière de minéralisation moyenne, de composition presque exclusivement bicarbonatée calcique, pauvre en chlorures, sulfates et cations alcalins. Les taux de sels ammoniacaux et de nitrates sont très faibles, de même ceux des nitrites.

Les éléments toxiques et indésirables sont absents, sauf le fluor : en faible quantité.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Elle est très importante dans 2 des 3 prélèvements effectués à Cran-Gevrier ; plus irrégulière, au moins en ce qui concerne les *escherichia coli* et les streptocoques fécaux, au pont de la N. 491. Elle n'est cependant jamais négligeable.

F) CONCLUSION.-

Le Fier apparaît, du point de vue pollution organique et composition chimique, comme une rivière d'excellente qualité. La D.B.O., importante à l'étiage que laissait prévoir le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône, ne modifie pas, à notre avis, cette conclusion : en effet, le débit d'étiage de 6,6 m³/seconde est un débit rarement atteint : dans l'année 1959 où la moyenne mensuelle de septembre atteignit ce débit, la moyenne la plus basse, en dehors de ce mois, fut de 11,4 m³/seconde et cela, un seul mois ; par contre, pendant plusieurs mois de basses eaux, le débit moyen fut de 18 à 20 m³/seconde. Nous avons vu surtout que l'auto-épuration doit admirablement bien fonctionner. Il serait intéressant d'étudier de plus près cette auto-épuration afin d'envisager si elle pourra maintenir les qualités actuelles de la rivière lorsque, en 1985, la charge polluante aura presque triplée.

- LEYSSE - CANAL DE SAVIERE -

A) GENERALITES.-

La Leysse est une petite rivière qui prend naissance dans le massif des Bauges, traverse Chambéry et, obliquant vers le nord, atteint en une dizaine de kilomètres le lac du Bourget où elle se jette. Ce lac, long d'une vingtaine de kilomètres, se déverse dans le Rhône par l'intermédiaire du canal de Savière (long d'environ 3 à 4 kilomètres). Cet ensemble hydrographique correspond à un bassin d'environ 550 km² de superficie, désigné dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône comme le bassin versant n° 8.

Le débit d'étiage de ce bassin est faible : 4 m³/seconde. Les besoins en eau sont et seront considérables. En effet, la population actuelle du bassin versant est de 112.000 habitants et la charge polluante totale de 187 milliers d'habitants-équivalents, la charge polluante industrielle étant de 75 milliers d'habitants-équivalents. La population, en 1985, représentera 25.000 habitants de plus et l'industrie accusera une charge polluante supplémentaire de 822 milliers d'habitants-équivalents ; un tel développement industriel risque de poser des problèmes : les besoins en eau dépasseront le débit d'étiage de ce bassin (besoin = 4,70 m³/seconde ; débit d'étiage = 4 m³/seconde). Il est vrai que les utilisations sont inférieures à la quantité d'eau prélevée. La consommation réelle sera de 0,34 m³/seconde ; mais il s'agit de savoir si le rejet de l'eau prélevée et non utilisée, ne risque pas d'altérer la rivière et de rendre difficile de nouveaux prélèvements.

Si la nécessité de trouver de l'eau pose des problèmes, la nécessité d'évacuer les déchets en pose aussi. La charge polluante actuelle, 75 milliers d'habitants-équivalents pour l'industrie et 112 milliers pour la population, est rejetée essentiellement par Chambéry et ses environs (usine à gaz, tanneries, industries diverses, mais aussi laiteries, fromageries et coopératives laitières ou agricoles) et, accessoirement, par Aix et sa région (industries surtout agricoles : fruits et légumes, laits, etc.). L'augmentation de la zone industrielle de Chambéry doit être considérable : elle devrait entraîner une pollution supplémentaire correspondant à environ 820 milliers d'habitants-équivalents, la pollution résultant du développement industriel de la zone d'Aix-les-Bains n'atteignant que 3,9 milliers d'habitants-équivalents.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

Sur la Leysse (R.Le), le point choisi se situe à environ 2 kilomètres en aval du lac du Bourget, au pont reliant le Tremblay à la route N. 201 ; 3 prélèvements ont été faits (analyses 128 à 130). Au canal de Savière (R.Sa), 3 prélèvements également ont été effectués : le premier (analyse n° 131), au pont de Chanay, sur la route N. 521 ; les autres, immédiatement en aval du lac, au pont de Portout, sur la route N. 514 (n° 132 et 133).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

Les D.B.O. de la Leysse sont irrégulièrement élevées : 5, 12 et 4,5. Si on les compare avec les D.B.O. théoriques prévues par le rapport du Service de Navigation Rhône-Alpes, on voit que la charge polluante de 1962, soit 187 milliers d'habitants-équivalents, doit entraîner pour un débit de 4 m³/seconde une D.B.O. de 28 mg/litre. Mais ces indications nous sont données pour la fin du bassin versant, au canal de Savières. Or, il est certain qu'après le lac du Bourget, l'épuration est complète : la D.B.O., en réalité, est inférieure à 2 mg/litre d'oxygène. Mais il nous est impossible de comparer résultats théoriques et pratiques sur la Leysse, avant le lac : nous ne connaissons ni le débit de la Leysse, ni la pollution théorique de cette rivière qui est certainement inférieure à la pollution totale du bassin versant.

L'oxygénation est bonne dans la Leysse pour les 2 cas où la D.B.O. était à 4,5 - 5, et mauvaise (36 % de saturation) dans le cas où la D.B.O. était à 12. Il est bien certain qu'au Tremblay, l'oxygène utilisé pour dégrader les matières organiques n'a pas encore pu être remplacé par l'oxygène atmosphérique, malgré le caractère torrentiel du cours d'eau.

L'oxydabilité au permanganate, pratiquée sur un seul prélèvement en chaque point, montre de bons résultats, surtout dans le canal de Savières.

Les matières en suspension sont en quantité modérée sur la Leysse, au Tremblay, et particulièrement peu abondantes dans le canal de Savières, après le passage dans le magnifique bassin de décantation que constitue le lac.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

- La Leysse apparaît comme une rivière assez fortement minéralisée : la résistivité est, dans les 3 cas, inférieure à 3.000 ohm/cm ; il n'en est pas de même du canal de Savières qui présente toujours une résistivité supérieure à 3.000 ohm/cm.

Si, quantitativement, on note une différence sensible entre les prélèvements de R.Sa et ceux de R.Le, qualitativement, les échantillons sont presque identiques. La Leysse apparaît comme une eau constituée presque exclusivement de bicarbonates alcalino-terreux, peu chargée en sulfates, chlorures et sodium, ainsi qu'en nitrates. Par contre, bien que la D.B.O. ne soit qu'à 4,5 mg/l, les sels ammoniacaux ont été trouvés en abondance dans l'analyse complète de la Leysse (plus de 2 mg/l) ; dans le même prélèvement, alors que le taux des nitrates ne dépasse que de très peu le milligramme, les nitrites atteignent 0,40 mg, témoignant d'un processus d'auto-épuration en cours.

Il n'a pas été trouvé d'éléments toxiques ou indésirables, si ce n'est de très faibles teneurs en fluor et une teneur importante en détergents.

- Le canal de Savières a, de même, une composition presque exclusivement bicarbonatée calcique mais moins minéralisée : on ne retrouve pas d'éléments toxiques ou indésirables (sauf le fluor en faible quantité) ; les détergents, sels ammoniacaux et nitrites ont disparu.

L'élimination de ces derniers éléments par suite de l'épuration est normale. Il est plus difficile d'expliquer la diminution des T.H. et T.A.C. : l'apport de nombreux affluents de la rive orientale, comme le Sierroz, amène-t-il de l'eau plus douce que celle de la Leyse ? Des sels de calcium peuvent-ils se précipiter et décanter ? Une enquête plus détaillée serait nécessaire pour répondre à ces questions.

E) POLLUTION BACTERIOLOGIQUE.-

Que la Leyse soit très polluée et le canal de Savières de bonne qualité, est un fait qui paraît normal et que les examens permettent de vérifier.

F) CONCLUSION.-

Les simples sondages effectués permettent de penser que la D.B.O. de la Leyse est parfois correcte, mais souvent très élevée. Il est certain que cette rivière amène au lac du Bourget une charge importante. Si, comme il est prévu, la zone industrielle de Chambéry doit entraîner un excédent de population d'environ 65.000 habitants et une charge industrielle nouvelle de 820 milliers d'habitants-équivalents, ces 885 milliers d'habitants-équivalents amèneront à la rivière une D.B.O. supplémentaire de 133 mg/l pour un débit de 4 m³/seconde (or, ce débit de 4 m³/seconde est le débit d'étiage du bassin et non de la Leyse). Même pour un débit de 20 m³/seconde qui doit rarement être atteint, la D.B.O. dépasserait 25 mg/litre. Il est certain qu'entre Chambéry et le lac, la Leyse sera transformée en égout ; l'auto-épuration n'aura pas le temps de s'exercer. Il est certain également que le lac assura un rôle de décantation et d'épuration, mais la pollution devra être suivie de très près, notamment dans la partie sud où se trouvent des plages, lieux de baignades.

On peut se demander si même une épuration complète à 90 % (qui amènerait une D.B.O. théorique de 13,3 mg/l pour un débit de 4 m³/seconde) serait suffisante pour annuler complètement les inconvénients résultant d'un tel développement.

- GUIER -

A) GENERALITES.-

Cette petite rivière prend naissance dans le massif calcaire de la Chartreuse et s'écoule vers le nord-est jusqu'au Rhône qu'elle rejoint après Saint-Genis-sur-Guier. Il s'agit d'une rivière, traversant des régions peu industrialisées et, à priori, peu polluée. Cependant, il convient de signaler que se déversent dans le Guier, directement ou par l'intermédiaire d'affluents, les effluents de laiteries, fromageries (Saint-Geoire-en-Valdaine), de fabriques de pâte à papier (Entre-deux-Guiers), de manufactures de cuir (Pont-de-Beauvoisin), ainsi que les égouts des villes ou villages construits sur ses bords.

B) POINT DE PRELEVEMENTS.-

Les prélèvements ont été effectués dans le Guier lui-même, à quelques kilomètres en amont de Saint-Genis (R.Gu). A ce point, 3 prélèvements ont été réalisés (analyses n° 134 à 136), dont une complète.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

Les D.B.O. des 3 prélèvements sont de 2 mg/l d'oxygène.

L'oxygénation est excellente, dépassant ou égalant, les 3 fois, un taux de saturation de 90 %.

Les matières en suspension sont toujours inférieures à 15 mg/litre.

Autrement dit, cette rivière est d'excellente qualité et les indices de pollution sont pratiquement inexistants.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Le Guier a une composition presque exclusivement bicarbonatée calcique (ou magnésienne), les taux de Cl^- , de SO_4^{--} , de Na^+ , de NO_3^- , étant très bas. Il n'a pas été trouvé de sels d'ammonium et de nitrites en quantité notable, pas d'éléments toxiques ou indésirables, ni de détergents.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Les taux d'*Escherichia coli* et de streptocoques fécaux ont toujours été très bas. Ceux de "coliformes" nettement élevés : est-ce qu'il s'agit vraiment de coliformes, qui d'ailleurs peuvent être des hôtes naturels de l'eau ? Est-ce la survivance d'une pollution bactérienne fécale résultant du déversement d'égouts des villes situées en amont ?

F) CONCLUSION.-

Le Guier est une rivière de grande pureté, dont la composition est analogue à celle des autres affluents du Rhône issus de régions calcaires.

- BOURBRE -

A) GENERALITES.-

La Bourbre est la rivière principale d'un bassin de 650 km², décrit dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône comme le bassin versant n° 10. Cette rivière prend naissance au nord de la plaine de Bièvre, près de Chabons, et se dirige vers La-Tour-du-Pin. Son cours oblique à l'ouest en direction de Bourgoin, après avoir reçu le Hien. Après Bourgoin qu'elle traverse dans un lacs de ruisseaux, elle est canalisée et reçoit, en amont du Chaffart, les eaux du canal de dessèchement de Catelan. Finalement, après avoir traversé la zone industrielle de Pont-de-Chéruy, la Bourbre se jette dans le Rhône, quelques kilomètres en aval du pont de Loyettes.

C'est une région industrielle, pauvre en eau : le débit d'étiage du bassin est de 1 m³/seconde. Le bilan actuel (ressources moins prélèvement) est déjà déficitaire. Cependant, bien entendu, le bilan ressources moins consommation reste positif ; mais quelle est la qualité de l'eau non consommée et restituée ?

Le problème est d'ailleurs plus immédiat que futur, car le développement prévu de la population et de l'industrie de ce bassin est assez limité : la population doit passer de 71.000 habitants (en 1962) à 84.500 (en 1985) et la charge polluante industrielle va augmenter durant cette période de 6 milliers d'habitants-équivalents (120 en 1962 ; 126 en 1985).

Il est donc important, dès maintenant, de juger de l'influence de la pollution sur la Bourbre : les points de pollution sur cette rivière où ses effluents sont nombreux : égouts de La-Tour-du-Pin, Jallieu, Bourgoin, Charvieu, Pont-de-Chéruy, fromageries des Abrets, cartonneries, teintureries, industries diverses de Saint-Victor-de-Cessieu et de Bourgoin, papeteries de Nivolas-Vermelle, tréfileries, industries diverses de Pont-de-Chéruy. On constate que l'on a deux centres essentiels de pollution, l'un près du confluent du Rhône, à Pont-de-Chéruy, l'autre à Bourgoin et, en amont de cette ville, jusqu'à Saint-Victor-de-Cessieu.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

Il avait été prévu des points de prélèvements immédiatement en amont du confluent, à Bourgoin, et à mi-parcours entre ces deux points. Les premiers résultats, la constatation d'une pollution importante, nous ont amenée à multiplier les points de prélèvements et à entreprendre, dans l'hiver 1965, une étude approfondie dont nous verrons l'intérêt dans la troisième partie de ce travail. Six points suivants de prélèvements ont été en définitive retenus dans notre enquête de 1964 ; ce sont d'amont en aval :

1) - R.Bo6 : en amont de La-Tour-du-Pin, au pont de la route D. 45 reliant La Bâtie-Montgascon à Saint-André-le-Gaz. Deux prélèvements ont été effectués en septembre et novembre (analyses 137 et 138).

2) - R.Bo5 : en amont de Bourgoin, en aval de Cessieu et du confluent du Hien : au pont du chemin reliant Coiranne à Sérézin. Deux prélèvements y furent également pratiqués (analyses 139 et 140).

3) - R.Bo₄ : au pont de Jallieu, sur la route N. 522. Quatre prélèvements furent effectués à partir de février 1964 (analyses n° 141 à 144).

4) - R.Bo₃ : en aval de Bourgoin, au pont de la route D. 208 reliant Le-Temple-de-Vaulx à l'Isle-d'Abeau. Deux prélèvements furent réalisés (analyses n° 145 et 146).

5) - R.Bo₂ : en amont de Pont-de-Chéruy, au pont de Jameyzieu, sur la route D. 24. Quatre analyses furent effectuées (n° 147 à 150).

6) - R.Bo₁ : en aval de Pont-de-Chéruy, quelques centaines de mètres en amont du confluent du Rhône, au pont de la route D. 55. Cinq prélèvements furent exécutés (analyses n° 151 à 155).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

a) - EXPOSÉ DES RÉSULTATS.

Nous étudierons cette pollution générale, selon les emplacements de prélèvements, d'aval en amont. Le tableau n° 22 permet de mieux comparer les principaux indices de pollution générale que la consultation des tableaux récapitulatifs de l'appendice.

1) - *En aval de La-Tour-du-Pin* : la Bourbre, d'après 2 échantillons, apparaît d'excellente qualité ; la D.B.O. est faible, les matières en suspension sont en quantité négligeable ; l'oxygénation est faible par rapport aux résultats des critères précédents, mais néanmoins correcte ; l'oxydabilité au permanganate est inférieure à 2 mg/litre.

2) - *En aval de Cessieu*, la pollution apparaît considérable. La simple observation des rivières révèle d'ailleurs que cette pollution provient surtout de l'Hien, au sortir de Saint-Victor. Si la pollution est moins accentuée dans le prélèvement de novembre, elle est considérable dans celui de septembre, période où les eaux étaient relativement basses.

Les taux d'oxydabilité au permanganate atteignaient 27 et 7 mg/litre.

3) - *Au pont de Jallieu* : la pollution est nette : en septembre, elle apparaît cependant moins prononcée qu'en aval de Cessieu. Deux raisons à ce fait : l'émission des pollutions industrielles est irrégulière ; dans la traversée de Bourgoin, la Bourbre se déverse en un lacs de petits bras qui ne se rejoignent qu'à l'Isle-d'Abeau : la partie qui passe sous le pont de Jallieu correspond à une faible fraction du volume d'eau traversant Cessieu ; bien plus, le bras de Jallieu est grossi d'un cours d'eau en provenance du lac Clair qui dilue les eaux de la Bourbre. Aussi, doit-on considérer ce point de Jallieu comme indépendant des points de Cessieu et de La-Tour-du-Pin.

Deux déterminations d'oxydabilité au permanganate ont été pratiquées en septembre et novembre : la première est de 0,1 mg/l d'oxygène, la seconde de 0,4 mg/litre.

4) - *Au sud de l'Isle-d'Abeau*, les différents bras de la Bourbre se sont rejoints et l'on peut trouver rassemblée la pollution qu'ils ont reçue durant la traversée de la ville : le résultat n'est guère satisfaisant car, lors des

TABLEAU 22

(POINTS DE PRELEVEMENTS :	MOIS DU PRELEVEMENT														
	I	II	V	IX	XI	I	II	V	IX	XI	I	II	V	IX	XI
	D. B. O. en mg/l d'oxygène					TAUX DE SATURATION D'O ₂ en %					MATIERES EN SUSPENSION en mg/l				
(R.Bo6..... :				2	2,5				70	73				3	5
(R.Bo5..... :				40	7				38	67				125	35
(R.Bo4..... :		10	13	7	24		71	81	106	41		41	61	13	37
(R.Bo3..... :				16	32				31	38				29	130
(R.Bo2..... :		3	10	10	4,5		63	65	21	49		27	45	11	17
(R.Bo1..... :	7	4	4	4	3,5	63	82	76	82	74	32	21	42	50	5

- Débits de la Bourbre à R.Bo2 : I = 6,2 II = 5,5 V = 6,8 IX = 2,1 XI = 6,4

deux prélèvements, les D.B.O. sont très importantes et l'oxygénation très réduite. Les mesures d'oxydabilité au permanganate donnent les résultats de 13 et 14 mg d'oxygène consommé.

5) - *Au pont de Jamezyieu* : une amélioration de la qualité se fait sentir, tout au moins dans la teneur en matières organiques, car les D.B.O. sont dans l'ensemble plus basses, les matières en suspension moins élevées. Deux oxydabilités au permanganate, pratiquées en septembre et novembre, montrent que seulement 7 et 4,8 mg d'oxygène par litre sont consommés. Par contre, l'oxygénation est irrégulière, inférieure ou égale à l'oxygénation constatée en R.Bo₄ et R.Bo₅ où la pollution semble plus grande. Tout se passe comme si la Bourbre avait utilisé ses réserves d'oxygène pour détruire avec succès une grande partie de ses matières organiques, mais n'avait pas encore pu les reconstituer.

Il faut noter que l'amélioration de la qualité peut s'expliquer par la simple dilution de la Bourbre par le canal de Catelan.

6) - *En amont du confluent* : bien que prélevée peu après la traversée de la zone industrielle de Pont-de-Chéruy, la Bourbre apparaît de meilleure qualité ; 4 fois sur 5, la D.B.O. est inférieure ou égale à 4 mg/l et, la cinquième fois, elle n'est que de 7 mg/litre. Deux déterminations d'oxydabilité au permanganate, en septembre et novembre, indiquent des quantités d'oxygène cédé de 4 et de moins de 1 mg/litre. L'oxygénation, dans l'ensemble, est bonne.

En résumé, il semble que la pollution organique de la Bourbre se manifeste de façon notable, en aval de La-Tour-du-Pin, après le confluent de l'Hien. Cette pollution intense se poursuit jusqu'à Bourgoin ; la pollution maximum est atteinte à l'Isle-d'Abeau, puis commence une phase d'épuration, accélérée par l'apport des eaux du canal de dessèchement de Catelan, et qui se poursuit jusqu'au confluent avec le Rhône.

b) - COMPARAISON AVEC LES DONNÉES THÉORIQUES.

La pollution du bassin est estimé à 190 milliers d'habitants-équivalents pour un débit d'étiage de 1 m³/seconde, la D.B.O. serait alors de 114 mg/l d'oxygène. Si nous ramenons cette pollution théorique non plus au débit d'étiage, mais aux débits constatés lors de nos prélèvements, nous aurions en septembre, pour un débit de 2,2 m³/seconde, une D.B.O. de 52 mg/l et, aux autres mois, pour des débits variant de 5,5 à 6,5 m³/seconde, des D.B.O. de 18 à 21 mg/litre. Finalement, les D.B.O. trouvées sont toujours plus faibles et nous constatons une fois encore que le débit de la rivière intervient peu dans le résultat final, puisque lors du prélèvement de septembre où le débit était de 2 à 3 fois inférieur aux débits observés lors des autres prélèvements, la D.B.O. n'était pas différente.

c) - DIFFICULTÉS D'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.

Au total, cette rivière a été examinée, en 1964, à l'aide de 19 prélèvements effectués en 5 points différents. Elle apparaît indiscutablement polluée et cette pollution atteint un maximum en une zone bien déterminée (celle de Bourgoin), alors que près du confluent du Rhône la pollution est moindre. On attribue ce fait à l'auto-épuration, mais est-ce certain ? il

TABLEAU 23

(POINTS DE PRELEVEMENTS)	RESISTIVITE		T.H.		T.A.C.		Cl		SO4		NO3		Na	
	ohm/cm		degrés français		degrés français		mg/l.		mg/l.		mg/l.		mg/l.	
	IX	XI	IX	XI	IX	XI	IX	XI	IX	XI	IX	XI	IX	XI
R.Bo6 - amont Tour-du-Pin..	2.320	2.190	24	25,8	23,5	24,2	9,6	7,1	9,3	16,9	3,8	4,9	6,1	4,0
R.Bo5 - aval Cessien.	1.740	2.110	30,2	27,6	32,2	25,2	17,7	12,4	20,5	19,2	3,15	3,4	27,6	9,0
R.Bo4 - Jailieu.....	1.900	1.770	28,0	27,6	27,0	28,0	12,4	17,1	16,6	22,6	7,95	0,62	8,8	16,5
R.Bo3 - Isle-d'Abeau.	1.740	1.770	29,6	28,2	28,7	27,2	13,8	12,4	32,2	39,2	1,42	0,62	19,0	20,5
R.Bo2 - Jamezyieu....	1.820	1.940	29,2	30,0	27,2	27,2	17,7	8,17	39,0	27,0	5,50	4,70	18,4	7,0
R.Bo1 - con- fluent Rhône.	1.900	1.940	30,2	29,2	26,0	27,2	11,7	10,3	28,2	26,5	9,5	6,40	10,1	8,4

- Débits de la Bourbre à Jamezyieu : en IX = 2,1 m³/seconde ; en XI = 6,4 m³/seconde.

est possible que la pollution bergusienne maximum à certaines heures de la journée, notamment aux heures de travail, soit mise en évidence peu après, à l'Isle-d'Abeau ; mais en tenant compte de la vitesse de la rivière, elle peut parvenir au confluent à une période beaucoup plus tardive et n'être pas ainsi décelée.

En outre, l'influence du canal du dessèchement est envisagée, mais non étudiée, et peut-être attribuons-nous au phénomène d'auto-épuration le fait d'une simple dilution. On peut aussi penser que l'oxygénation s'effectue mal dans une rivière canalisée de faible pente.

C'est pour préciser ces faits que nous avons entrepris une étude systématique de la Bourbre, avec des prélèvements réguliers effectués, en des points rapprochés, durant 24 heures. Cette étude sera résumée dans la troisième partie de ce travail et ses conclusions seront intéressantes à rapprocher, du point de vue méthodologique, des conclusions que la simple enquête décrite ici, par prélèvements espacés, nous permet de formuler.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Si de grandes variations avaient pu être observées dans les indices de pollution organique, il n'en est pas de même de la composition chimique. Les 18 résistivités déterminées sont comprises entre 1.700 et 2.300 ohm/cm, soit $2.000 \pm 15 \%$. Les autres éléments ont été étudiés au cours des analyses de septembre et novembre, et leurs teneurs sont représentées dans le tableau n° 23.

On constate que les T.H. varient entre 24° et 30° , c'est-à-dire dans les limites de $27^\circ \pm 12 \%$, les T.A.C. entre $23,5'$ et $32,5'$, c'est-à-dire dans les limites de $27^\circ \pm 18 \%$. Autrement dit, ces éléments de base varient très peu. Par contre, les chlorures varient entre 7,1 et 17,7, c'est-à-dire dans les limites de $13,4 \pm 40 \%$; les sulfates entre 9,3 et 39,2, c'est-à-dire dans les limites de $24,3 \pm 63 \%$ et le sodium entre 4 et 27,6, c'est-à-dire dans les limites de $15,8 \pm 75 \%$.

D'une façon générale, en amont de La-Tour-du-Pin la Bourbre est moins minéralisée, son T.A.C. et son T.H. sont presque identiques, et les teneurs en chlorures, sulfates, sodium et nitrates, sont faibles. Mais, à partir de Cessieu, elle se charge, d'une part, en alcalino-terreux et la teneur en ces éléments demeurera pratiquement invariable ; d'autre part, en chlorures, sulfates et sodium, voire en nitrates, et cela de façon variable. Il apparaît, ce que nous avons déjà signalé : que la composition, notamment en ces divers sels, est très différente entre Jallieu et Cessieu. Mais, à l'Isle-d'Abeau, la Bourbre ne représente pas toujours la moyenne entre les deux, et nous retrouvons ici les difficultés d'interprétation que nous avons signalées au sujet de la pollution organique, due à l'irrégularité probable des rejets industriels ou domestiques responsables, semble-t-il, des variations de ces divers éléments.

Les sels d'ammonium ne sont pas en quantité négligeable dès R.Bo6, puisqu'ils atteignent 0,77 mg/l et dans la plupart des prélèvements de R.Bo5, R.Bo4 et R.Bo3, ils dépassent le milligramme. Les nitrites, absents en R.Bo6,

suivent une courbe analogue ; s'ils sont plus abondants en R.Bo₅, R.Bo₄, R.Bo₃ et R.Bo₂, ils sont en quantité plus réduite en R.Bo₁. Au contraire, en ce point les nitrates sont nettement plus abondants. Des processus d'oxydation des composés azotés, aboutissant au stade de nitrate, se sont manifestés le long du parcours.

Les recherches d'éléments toxiques ou indésirables ont pratiquement toujours été négatives, sauf en ce qui concerne le fer qui peut atteindre des taux élevés.

Les détergents ont été décelés à des taux importants.

Au total, si nous avons signalé l'apport probable de divers sels par des effluents domestiques ou industriels, ces sels sont toujours en quantité modérée et la composition saline de la Bourbre est toujours correcte, sauf en ce qui concerne la teneur en fer et, en certaines occasions, en détergents.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Elle n'est jamais très faible, même en amont de La-Tour-du-Pin ; si elle est relativement modérée en ce qui concerne les *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux, elle est importante en ce qui concerne les "coliformes". Par la suite, elle est assez irrégulière, mais en général importante.

F) CONCLUSION.-

Une fois de plus, on ne retrouve pas à l'aval du bassin les valeurs de la D.B.O. que les calculs théoriques laissent supposer ; il n'en est pas moins certain que la Bourbre, dans la région bergusienne, apparaît comme très polluée. Cette pollution est une pollution essentiellement organique, qui s'atténue dans le cours inférieur de la rivière et dont l'influence sur le Rhône est pratiquement nulle. De même, l'absence de pollution de type chimique (sauf le fer) fait que les nappes alluviales éventuelles ne risquent pas de voir leur qualité altérée. Mais cette pollution peut présenter des inconvénients pour les riverains par l'odeur qu'elle peut dégager et la présence, à l'air libre, d'un véritable égoût sur plusieurs kilomètres. C'est à ce problème d'hygiène publique que se ramène le problème de la pollution de la Bourbre, à moins d'une obligation de puiser l'eau directement dans la rivière pour des utilisations diverses ; dans ce cas, le problème devra être posé différemment : il est bien évident que, dans l'état actuel, les eaux de la Bourbre ont une utilisation très limitée.

- AIN -

A) GENERALITES.-

Le sud du bassin de l'Ain correspond au département de l'Ain et, de ce fait, appartient à la région Rhône-Alpes, ou à la zone Rhône II, du point de vue hydrographique ; il correspond également au bassin versant n° 11 du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. Cette région est constituée en grande partie par des massifs calcaires et, au sud, par une bande réduite correspondant à la nappe phréatique alluviale du Rhône.

C'est une région d'environ 1.300 km², assez faiblement peuplée : 42.000 habitants en 1962 ; d'industrialisation modérée : la charge polluante industrielle était de 12 milliers d'habitants-équivalents environ. L'accroissement de la population et le développement industriel sont limités, puisque la population augmentera d'ici 1985, selon les prévisions, de 12.000 habitants et la charge polluante industrielle de 9 milliers d'habitants-équivalents. La population et les industries sont, de plus, disséminées : les centres les plus importants sont sur les affluents de l'Ain : Oyonnax sur la Lange ; Ambérieux, Saint-Rambert-en-Bugey, Tenay, Torcieu, sur l'Albarine. La pollution industrielle est localisée dans ces centres : blanchisseries, usines de peignage de la soie, cartonneries à Saint-Rambert, fabrique de carreaux à Torcieu, industries textiles à Tenay, etc... En outre, des industries agricoles (porcherie, laiteries) sont disséminées, notamment dans les vallées du Suran et du Toison.

Si cette pollution est minime, le débit de l'Ain est, par contre, important : son débit moyen annuel a été de 120 m³/seconde de 1960 à 1963. Par contre, il est très irrégulier et le débit moyen mensuel d'étiage de 1962 n'était que de 11 m³/seconde. De juillet à octobre d'ailleurs, ce débit ne varia qu'entre 10,7 et 13,8 m³/seconde, alors que de décembre à avril, il oscilla entre 140 et 237 m³/seconde.

B) POINT DE PRELEVEMENTS.-

Un seul fut choisi, en fin de bassin, à Port-Galand (A₁), au pont de la route D. 65. Cinq prélèvements furent réalisés, dont quatre suivis d'analyse complète.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

La D.B.O. varie entre 2 et 4 mg/l d'oxygène : la moyenne est de 3 mg/l. D'après les calculs théoriques, les 53 milliers d'habitants-équivalents devraient, pour un débit d'étiage de 11 m³/seconde, amener une D.B.O. de 2,9. Autrement dit, la charge organique, en théorie comme en pratique, est faible.

L'oxygénation est excellente, le pourcentage de saturation étant toujours supérieur à 80 % et la moyenne de 90 %.

L'oxydabilité au permanganate est inférieure ou égale à 1 mg/litre d'oxygène.

Les matières en suspension sont en très faible quantité : toujours inférieures à 20 mg/litre.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

La composition apparaît constante : la résistivité oscille autour de 3.000 ohm/cm ($\pm 10 \%$), le T.H. reste, dans les 4 échantillons où il fut recherché, compris entre 19,6° et 20° ; le T.A.C., entre 18° et 20°. On voit donc que la composition de l'Ain est presque exclusivement bicarbonatée calcique. Les taux de chlorures, sulfates, sodium, sont très réduits, presque nuls pour les chlorures et le sodium. Les composés azotés sont en très faible quantité : l'ammoniaque, à l'état de traces ou absent ; les nitrates, en quantité ne dépassant pas 3,5 mg ; les nitrites, en très faible quantité mais constamment présents.

Aucun élément toxique ou indésirable n'a été décelé, sauf des traces de fluor.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Toujours très faible : une seule fois, en novembre, le taux des coliformes dépasse 1.000 germes par 100 ml. Les taux des escherichia coli et des streptocoques fécaux demeurent bas.

F) CONCLUSION.-

A Port-Galand, les eaux de l'Ain se présentent, dans l'ensemble, comme d'excellente qualité : ou bien elles ont échappé à toute pollution, ou bien elles ont subi une rapide épuration.

Toutefois, la D.B.O. moyenne apparaît comme égale à la D.B.O. théorique à l'étiage ; elle devrait théoriquement être inférieure, puisque l'ensemble des pollutions qui concourt à cette D.B.O. théorique est réparti sur tout le territoire du bassin et subit, de ce fait, une auto-épuration importante avant d'atteindre Port-Galand.

Nous constatons, une fois de plus, qu'il est presque impossible d'obtenir des résultats de D.B.O. très bas dans les rivières ; ceci résulte des incertitudes dans la mesure biochimique, ou de la présence dans ces eaux de matières organiques, "naturelles", non consécutives à la pollution répertoriée dans les statistiques, ou des deux causes à la fois. Le fait subsiste : tous les résultats de D.B.O. inférieurs à 3 mg/l ne peuvent donner lieu à des interprétations nuancées, la seule indication valable étant la bonne qualité de l'eau.

- ALBARINE -

A) GENERALITES.-

C'est le seul affluent de l'Ain que nous étudions, car c'est celui sur lequel se localisent la plupart des cités industrielles de ce bassin versant.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

Deux points ont été choisis :

- L'un, en amont de Tenay (A.Al₂) et des importantes pollutions industrielles de la vallée. Cependant, quelques usines existent en amont, ainsi que les pollutions domestiques de la région de Hauteville. Le point exact est le pont de la route D.21 (analyses 161 à 164).

- L'autre, en aval de Saint-Rambert (A.Al₁), au pont de Serrières, sur la route D. 73 (analyses 156 à 168).

A chacun de ces points, 4 analyses furent pratiquées, dont 2 complètes.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

Les D.B.O. de chacun de ces deux points sont du même ordre : la moyenne est de 3 mg/l d'oxygène en A.Al₂ et de 3,2 en A.Al₁.

Les oxygénations furent excellentes, toujours supérieures à 80 % de saturation, avec la moyenne de 87 % pour A.Al₂ et de 90 % pour A.Al₁.

Les oxydabilités au permanganate, pratiquées deux fois pour chaque emplacement, furent égales ou inférieures à 0,3 mg/l d'oxygène.

Les matières en suspension furent trouvées en faible quantité en A.Al₂ (toujours moins de 25 mg/l) et en quantité légèrement supérieures en A.Al₁ (une fois 49, et une fois 29 mg).

Malgré l'industrialisation de la vallée et un débit faible, les résultats obtenus sont excellents.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

La composition est relativement constante : les 8 mesures de résistivité aux deux points varient de 2.560 à 3.275 ohm/cm, soit 2.900 ± 13 % ; les T.H., mesurés 4 fois, de 19,4° à 22,5° et, les T.A.C., de 18,5° à 22,5°. La composition de l'Albarine, comme celle de l'Ain, est presque exclusivement bicarbonatée calcique (ou magnésienne). Les chlorures et sulfates sont en faible quantité (toujours inférieure à 10 mg/l), le sodium également (moins de 5 mg/l).

La présence de sels d'ammonium, en quantité inférieure à 0,50 mg/l, est constante, de même que celle des nitrites à l'état de traces.

Aucun élément toxique ou indésirable n'est décelable en quantité notable, sauf une fois le fer (en quantité d'ailleurs inférieure à la limite de tolérance).

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Assez variable, mais toujours très accentuée, sauf un mois en A.A12.

F) CONCLUSION.-

Le parcours de l'Albarine dans une vallée riche en usines et en villages n'a pas vraiment altérer ses qualités, tout au moins lors de nos prélèvements. La pollution bactériologique est importante, alors que la composition chimique demeure excellente et la pollution organique réduite.

- CONCLUSION -

Dans cet important territoire qu'irriguent les affluents en amont du Rhône, nous n'avons pas constaté actuellement de situations dramatiques résultant de la pollution des rivières. Les examens fragmentaires que nous avons pratiqués ne nous ont peut-être pas permis de déceler des points de pollution existant cependant réellement. Des études plus précises mériteraient d'être entreprises sur le Fier, la Leysse, la Bourbre, et peut-être l'Arve. C'est seulement dans les bassins correspondant à ces rivières que des problèmes risquent de se poser.

Le débit régulier et abondant de l'Arve, le développement presque exclusif de l'industrie dans la partie frontière du bassin, permettent de limiter les problèmes attachés à ce bassin à la surveillance des effluents toxiques industriels.

Le faible développement prévu de la région bergusienne limite les problèmes posés par la Bourbre à une question actuelle d'hygiène publique. Mais les développements industriels des régions d'Annecy et de Chambéry devront entraîner la surveillance de la qualité des rivières. A ce point de vue, le débit faible de la Leysse, les dangers qui peuvent résulter de la pollution du lac du Bourget, lieu de baignades et de séjours, attirent tout spécialement l'attention sur la région de Chambéry.

3^{ème} SECTION :

LA SAONE ET SES AFFLUENTS

La Saône et ses affluents drainent un bassin de 28.500 km², dont 4.250 km² appartiennent aux départements du Rhône et de l'Ain, donc à la zone Rhône II, correspondant au bassin versant n° 12 décrit dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Alpes.

Ce vaste territoire n'est pas riche en eau. Son débit spécifique est de 13 litres/km². La Saône elle-même, si elle possède un débit moyen annuel à Lyon d'environ 400 m³/seconde, est très irrégulière et son débit d'étiage est de 35 m³/seconde. Les affluents de la rive gauche traversent le vaste plateau de la Busse, avant de rejoindre la Saône. Leur cours est, en général, lent. Au contraire, les affluents de la rive droite descendent des montagnes granitiques des Monts du Lyonnais, et ont un caractère torrentiel. Sur la rive gauche : la Reyssouze, la Veyle, la Chalaronne ; sur la rive droite : l'Azergues, grossie de la Brévenne et de la Turdine. Ces rivières ne sont malheureusement pas équipées en station de jaugeage ; il nous sera impossible de confronter nos analyses à des débits connus.

C'est une région, tout au moins pour la partie située le long de la Saône, destinée à un important développement urbain et industriel. La population, de 1962 à 1985, doit passer de 180.000 habitants à 365.000, c'est-à-dire doubler. L'accroissement industriel sera encore plus important : de 98,5 milliers d'habitants-équivalents en 1962, la charge polluante industrielle est susceptible d'atteindre 500 milliers d'habitants-équivalents. Le développement sera surtout intense le long de la vallée de la Saône et les charges polluantes nouvelles de 1985 sont estimées à 207 milliers d'habitants-équivalents pour la région de Villefranche, 117 pour la zone de Belleville, 54 pour la zone de Genay au nord de Neuville. Un développement plus réduit est prévu loin de cet axe fluvial : 15 milliers d'habitants-équivalents à Bourg, 9 à Montrevel, 1 millier à Tarare.

- AZERGUES ET SES AFFLUENTS -

A) GENERALITES.-

L'Azergues ainsi que ses affluents, la Brévenne et la Turdine, naissent dans les terrains granitiques des Monts du Lyonnais. Dans la vallée de l'Azergues, les industries polluantes sont rares et localisées dans le cours inférieur (teintureries, mines à Chessy-les-Mines ; blanchisseries à Lozanne). Il n'en est pas de même dans les vallées de la Turdine et de la Brévenne où les industries sont plus nombreuses : la Turdine reçoit les égouts et effluents de Tarare et Pontcharra (distilleries, fabriques de tissus et pansements, teintures), de Bully et de Saint-Romain-de-Popey (industries agricoles : laiteries, porcheries), la Brévenne, les effluents agricoles de Sainte-Foy-l'Argentière, de Brussieu (porcheries, fromageries) et industriels de Sain-Bel, de l'Arbresle (mines, houilles, teintureries).

Ces divers cours d'eau ne sont pas équipés en station de jaugeage et il nous sera impossible de rapporter nos résultats aux débits.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Sur la Brévenne : deux points de prélèvements ont été choisis.

- En amont (S.Br₂), environ 1 kilomètre en amont de Sain-Bel, de la passerelle du domaine de la Pérolrière.

- En aval (S.Br₁), à hauteur des premières maisons de l'Arbresle, de la rive.

Quatre analyses ont été pratiquées au premier emplacement (n° 169 à 172), trois au second (n° 173 à 175).

Sur la Turdine : deux points également.

- En amont (S.Tu₂) : en aval de Tarare, au pont reliant la route N. 7 à Saint-Marcel-l'Eclairé.

- En aval (S.Tu₁) : en amont de l'Arbresle (3 kilomètres environ) au pont reliant la route N. 7 à Savigny.

Sur l'Azergues :

- En amont (S.Az₂), au pont de la N. 485, à Pont-Dorieux : ce point permet d'apprécier la qualité de l'Azergues avant l'apport des eaux de la Brévenne et de la Turdine.

- En aval (S.Az₁) : à quelques centaines de mètres en aval du précédent, à Lozanne, au pont de la N. 485, après le confluent de l'Azergues et de la Brévenne (grossie de la Turdine).

C) POLLUTION ORGANIQUE.-

Le tableau n° 24 récapitule aux différents points de prélèvements les valeurs de la D.B.O., les pourcentages de saturation de l'oxygène dissous, le taux des matières en suspension.

La D.B.O. de la Turdine varie selon les points de prélèvements : elle est importante en aval de Tarare et, 15 kilomètres après, en amont de l'Arbresle ; malgré la traversée de Pontcharra, elle est nettement inférieure. Est-ce le fait d'une épuration ou le fait d'analyses portant sur des tranches d'eaux différentes ? Malgré des décalages d'horaires à chaque prélèvement, les résultats sont toujours plus bas en S.Tur. Des prélèvements répétés durant 24 heures, comme nous l'avons entrepris pour la Bourbre (voir troisième partie de ce travail), seraient utiles pour préciser cette épuration.

La Brévenne apparaît comme peu polluée dans notre enquête, il en est de même de l'Azergues. Sa pollution propre, constatée à Pont-Dorieux, est faible. L'apport de la Turdine et de la Brévenne ne change pas considérablement sa nature au cours des prélèvements de janvier, mars et juin ; par contre, en octobre, où la pollution de la Turdine était plus forte, la pollution de l'Azergues apparaît nettement supérieure. Il est regrettable que l'absence de station de jaugeage ne permette pas un contrôle plus net de l'influence de chacune de ces rivières, sur le cours d'eau réunissant leurs eaux.

L'oxygénation est en général bonne, ce qui est normal pour des rivières au caractère torrentiel, mais parfois on constate des taux de saturation relativement bas ou nettement bas. Un certain rapport existe entre les taux de saturation et la D.B.O. : 9 fois, la D.B.O. est de 2 ou 3 mg/l d'oxygène, le pourcentage de saturation toujours supérieur à 75 %, les variations extrêmes étant de 76 % et 92 % ; 5 fois, la D.B.O. est de 4 ou 5 mg/l, les pourcentages de saturation variant entre 70 % et 83 % ; 3 fois, la D.B.O. est de 6 et 7 mg/l - par contre, les pourcentages de saturation sont plus grands : 72 % à 90 % ; 5 fois, les D.B.O. dépassent 7 mg/l, les pourcentages de saturation varient de 10 % à 85 %. Pour une D.B.O. de 40 mg/l, on constate 10 % de saturation, et pour une D.B.O. de 60 mg/l, 42 % de saturation. Il ne nous a pas été possible de relier ces différences à d'autres facteurs. Il faudrait d'ailleurs un nombre plus grand de prélèvements pour établir une conclusion valable.

Les matières en suspension sont presque toujours basses, sauf dans deux cas, inférieures à 50 mg/litre. Les variations ne semblent guère en rapport avec les variations de la D.B.O., sauf dans les deux cas où les D.B.O. étaient de 40 et 60 mg, les matières en suspension de 79 et 100 mg.

Les oxydabilités au permanganate ont été déterminées irrégulièrement. Elles sont toujours faibles pour la Brévenne et l'Azergues ; plus élevées, mais encore relativement basses, pour la Turdine (en S.Tur, 3 mg/l d'oxygène consommé). Le seul dosage pratiqué en amont montre, pour une D.B.O. de 60 mg/l, une oxydabilité de 10 mg/l d'oxygène.

**TABEAU 24 : Indices de pollution organique
des affluents de la Saône, rive droite.**

POINTS DE PRELEVEMENTS	ANALYSES PRATIQUES											
	D _u B _u O _u en mg/l.				POURCENTAGES DE SATURATION D'O ₂				MATIERES EN SUSPENSION en mg/l.			
	M O I S											
	I	III	VI	X	I	III	VI	X	I	III	VI	X
Brévenne : amont Sain-Bel - S.Br ₂	3	3	5	3	83	90	72	80	3	3	5	3
Brévenne : amont l'Arbresle - S.Br ₁ ...		4	5	5		83	89	70		4	5	5
Turdine : aval Tarare - S.Tu ₂		15	>40	60		85	10	42		21	79	100
Turdine : amont l'Arbresle - S.Tu ₁ ...	>10	7	6	9	79	90	88	65	6	27	20	9
Azergues : amont Pont-Dorieu - S.Az ₂ ..	2	3	4	3	84	86	73	76	4	20	10	10
Azergues : Lozanne - S.Az ₁	3	2	3	6	79	79	92	72	5	40	5	9

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Pour chacune de ces trois rivières, une seule analyse complète a été réalisée, en juin, au point le plus aval avant leur confluent .

Les résistivités, recherchées pour chaque analyse, sont les suivantes :

	Janvier	Mars	Juin	Octobre
S.Br ₂	5.600	6.500	3.400	3.000
S.Br ₁		6.000	2.200	1.700
S.Tu ₂		6.500	1.700	1.900
S.Tu ₁	3.800	7.200	2.800	1.900
S.Az ₂	5.500	9.100	2.800	5.400
S.Az ₁	4.000	7.400		2.200

(Résistivités exprimées en ohm par cm).

D'une façon générale, elles sont élevées ; ceci est normal pour des rivières provenant de terrains cristallins. Pour chacune de ces rivières, elle atteint ou dépasse, dans au moins un prélèvement, 6.500 ohm/cm, mais elles sont souvent plus basses. Les résistivités des prélèvements diminuent de moitié en juin et en octobre. On a tendance à considérer cette diminution comme résultant d'un accroissement de la pollution, ou d'une pollution aussi intense, mais se déversant dans un cours d'eau de débit inférieur.

Sur la Brévenne, la résistivité au point de prélèvement aval (après les déversements industriels de Sain-Bel) est toujours plus faible qu'au point de prélèvement amont, et la différence est d'autant plus marquée que la résistivité est basse. Les modifications peuvent être attribuées à un effluent industriel et non urbain, car la D.B.O., dans les points de prélèvements amont et aval, ne subit pas de modifications analogues.

Nous récapitulons ci-dessous la composition des 3 rivières, déterminée avant leur confluent en juin 1963. Nous avons, exceptionnellement, exprimé les résultats en milliéquivalent, afin de donner un exemple de ce mode d'expression qui permet de vérifier les résultats analytiques par la balance des anions et cations.

	Résist.	pH	T.H.	T.A.C.	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	NO ₃ ⁻	Tot. méq. anions	Tot.méq. cations
S.Tu ₁ . .	2.820	7,5	2,00	2,30	1,73	0,89	0,57	0,05	3,83	3,80
S.Br ₁ . .	2.200	7,4	4,72	1,95	0,60	0,39	2,62	0,03	5,20	5,40
S.Az ₂ . .	2.800	7,5	3,32	2,90	0,53	0,35	0,64	0,04	3,93	3,95

La résistivité est exprimée en ohm/cm ; le pH en unité pH ; les autres éléments en milliéquivalents.

On constate la richesse en sulfates de la Brévenne qui appuie l'hypothèse d'une pollution chimique à Sain-Bel (entre l'amont et l'aval de Sain-Bel, la résistivité, ce mois, a diminué du tiers).

L'importance du sodium dans la Turdine (près de la moitié des cations), assez anormale pour une rivière, a sans doute également une origine industrielle.

En dehors de ces anions principaux, il faut signaler la présence, dans la Brévenne, de manganèse en forte quantité et de fer en quantité plus

faible. Dans la Turdine, par contre, le fer domine et atteint le taux important de 0,48 mg/litre. Il convient également de signaler, à ce prélèvement de juin, la présence en assez grande quantité de détergents.

L'Azergues, avant le confluent, ne contient que de faibles quantités de fer (0,12 mg).

Aucun autre élément toxique n'a été retrouvé à dose notable au cours de ces analyses.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Comme dans la plupart des cas, l'interprétation des examens bactériologiques est difficile.

La pollution de la Brévenne est irrégulière et paraît s'accroître en aval de Sain-Bel.

La Turdine, au contraire, est moins polluée en amont de l'Arbresle qu'en aval de Tarare, bien qu'entre ces deux points elle ait reçu la pollution de Pontcharra.

Quant à l'Azergues, la pollution, très modérée à Pont-Dorieu, devient le plus souvent importante après réception des deux autres rivières.

F) CONCLUSION.-

Ces rivières se réunissent en un tronc commun à Lozanne ; elles apparaissent comme assez menacées par des pollutions urbaines (rejets directs d'égouts dans les cours d'eau), mais surtout chimiques. La situation dans le bassin de la Turdine paraît inquiétante, mais la construction prochaine d'une station d'épuration à Tarare risque heureusement de l'améliorer. Des examens nombreux et mieux coordonnés, effectués sur cette rivière avant la construction de cette station, auraient pu en mesurer les effets.

- REYSSOUZE - VEYLE - CHALARONNE -

A) GENERALITES.-

Ces trois rivières parcourent des trajets grossièrement parallèles, après avoir pris naissance dans les Dombes, entre Bourg et Villars. Leurs cours sont lents : la Veyle et la Chalaronne accusent une pente moyenne de l'ordre de 0,2 %. La Reyssouze, de Bourg à la Saône, sur un parcours de 60 kilomètres, perd 60 mètres d'altitude, ce qui correspond à une pente de 0,1 % (au contraire, la dénivellation de la Turdine entre Tarare et Lozanne était de 165 mètres, ce qui correspond, pour les 25 kilomètres de parcours, à une pente de 0,7 %). La Veyle et la Chalaronne serpentent à travers les étangs des Dombes. Les causes de pollution, dans ces régions essentiellement agricoles, ne sont cependant pas négligeables. La Chalaronne reçoit des déversements de laiteries, de blanchisseries (Saint-Etienne et Saint-Didier-sur-Chalaronne), de fabriques de fourrures et de petites industries mécaniques (Châtillon), plus quelques égouts urbains ; la Veyle reçoit les effluents de porcheries (Pont-de-Veyle et Grièges), d'industries alimentaires (Mézériat), et par l'intermédiaire de son affluent, le Renan, les évacuations des laiteries et porcheries de Neuville-les-Dames ; la Reyssouze, outre les égouts d'un certain nombre de localités, reçoit des eaux usées d'industries agricoles directement (fromageries de Montagnat) ou par l'intermédiaire du Jugnon (laiteries de Viriat).

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Chacune de ces trois rivières a été prélevée quatre fois, en fin de parcours, quelques centaines de mètres avant de rejoindre la Saône. En outre, un point supplémentaire a été choisi sur la Reyssouze, en aval de Bourg. Ces points sont les suivants :

- S.Re₁ : au nord du village de Reyssouze, du pont reliant ce village à la route N. 433 A (analyses n° 193 à 196).

- S.Re₂ : en aval de Bourg, du pont de la route D.29 A (analyses n° 191 et 192).

- S.Ve : au nord-ouest du village de Pont-de-Veyle, sur la route reliant Chavanne à Villeneuve (analyses n° 197 à 200).

- S.Ch : au sud de Thoissey, du pont de la N. 433 (analyses n° 200 à 204).

C) POLLUTION ORGANIQUE.-

Le tableau n° 25 récapitule, pour les différents points de prélèvements, les valeurs de la D.B.O., du pourcentage de saturation de l'oxygène dissous, des matières en suspension.

Les D.B.O. sont dans l'ensemble peu élevées puisque, sur 14 mesures, 11 donnent des résultats égaux ou inférieurs à 4 mg/litre. On remarque des chiffres de D.B.O. plus élevés en octobre, pour la Reyssouze (S.Re₁) et la Chalaronne.

TABLEAU 25

POINTS DE PRELEVEMENTS	ANALYSES PRATIQUES											
	D. B. O. en mg/l.				POURCENTAGES DE SATURATION D'O2				MATIERES EN SUSPENSION en mg/l.			
	M O I S											
	II	IV	IX	X	II	IV	IX	X	II	IV	IX	X
Reyssouze : aval Bourg - S.Re2.....		3,5		4		90		57		8		12 ⁽¹⁾
Reyssouze : amont Saône - S.Re1.....	3,5	4,0	3	8	81	88	50	117	33	15	12	29
Veyle : amont Saône - S.Ve.....	1,6	3,0	3	3	75	90	45	72	10	15	18	12
Chalaronne : amont Saône - S.Ch.....	3,5	4,0	5	10	84	85	103	85	18	15	56	11

(1) - Prélèvement effectué 2 jours avant les autres prélèvements d'octobre.

Ceux-ci correspondent à des pourcentages de saturation élevés. Pour les mêmes mois, les pourcentages de saturation sont plus bas, pour la Reyssouze (S.Re2) et pour la Veyle, bien que les D.B.O. soient basses.

Pour expliquer ces résultats, à priori paradoxaux, il faut tenir compte de plusieurs facteurs : le fait que la Chalaronne, au point de prélèvement, est une petite rivière peu profonde, au cours accidenté, où s'effectue un renouvellement rapide d'oxygène ; le fait que la Reyssouze et la Veyle, à leur cours inférieur, sont des rivières très lentes, au lit large et profond, envahi par une pousse végétale abondante entraînant un phénomène de photosynthèse important lors des journées ensoleillées ; le fait que les éléments climatiques varient d'un prélèvement à l'autre.

L'oxydabilité au permanganate est restée, à chaque recherche, inférieure à 1 mg d'oxygène consommé.

Les matières en suspension sont en faible quantité, inférieures à 40 mg/litre.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Comme pour les affluents de la rive droite, nous récapitulons ci-après la composition de ces 3 rivières, en exprimant les résultats en milliéquivalents.

	Résis- tivité	pH	T.H.	T.A.C	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	NO ₃ ⁻	Total anions	Total cations
- Avril :										
S.Re2.....	3.950	8,1	2,80	2,60	0,29	0,25	0,22	0,03	3,11	3,17
S.Re1.....	2.950	7,9	3,68	3,60	0,36	0,27	0,25	0,03	3,95	4,10
- Septembre :										
S.Re1.....	2.550	7,6	3,36	3,40	0,82	0,78	0,41	0,01	4,33	4,60
S.Ve.....	2.400	7,7	3,76	3,85	0,40	0,30	0,11	0,02	4,30	4,20
S.Cu.....	2.600	7,8	3,96	3,90	0,40	0,42	0,18	0,02	4,52	4,39

Nous n'avons pas suffisamment d'examens pour pouvoir en tirer des conclusions certaines, mais on note qu'en fin de parcours les compositions des 3 rivières sont presque identiques : seuls les taux de chlorures et de sodium sont plus élevés dans la Reyssouze, au mois de septembre. Cette augmentation des chlorures représentant environ 20 mg/l, n'est pas considérable. Elle provient soit d'une pollution organique urbaine (dont les matières organiques à ce moment ont été détruites), soit d'une pollution chimique industrielle, dans ce cas modéré.

Comparons, en avril, les analyses de la Reyssouze en aval de Bourg et en fin de parcours : malgré la pollution de Bourg, la rivière en aval est peu minéralisée, mais cette minéralisation augmente par la suite ; cette augmentation consiste presque exclusivement en un apport de bicarbonate de calcium ; elle résulterait non d'une pollution chimique industrielle, mais de l'apport d'effluents plus minéralisés.

En réalité, ces rivières ont une composition presque exclusivement bicarbonatée calcique.

En dehors de ces éléments, notons :

- des sels ammoniacaux, quelquefois présents à des taux assez élevés ;
- des sels de fer dans la Reyssouze, en quantité faible au point le plus aval, nettement plus importante en aval de Bourg. A ce dernier emplacement, du manganèse a été trouvé.

Les autres éléments toxiques ou indésirables n'ont pas été retrouvés, ou seulement à l'état de traces.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

En général, modérée pour la Reyssouze, même en aval de Bourg où les numérations d'*Escherichia coli* et de streptocoques fécaux ont abouti à des chiffres relativement plus élevés. Il en est de même pour la Veyle et la Chalaronne. Les pollutions les plus marquées sont relevées en septembre et octobre, dans la Reyssouze et la Chalaronne, en concordance avec les résultats de la D.B.O.

F) CONCLUSION.-

Dans ces rivières au cours lent, traversant essentiellement des pays agricoles, une pollution organique (et bactérienne) a pu se manifester, surtout en automne ; est-ce la conséquence d'une pollution provenant des industries agricoles ou effluents des localités ? Il est difficile de trancher, en raison de notre petit nombre d'analyses et du manque de station de jaugeage permettant de s'assurer que les variations de la pollution ne résultent pas des variations de débit.

- SAONE -

A) GENERALITES.-

La Saône, outre les rivières décrites précédemment, reçoit un assez grand nombre d'affluents, souvent pollués par des eaux industrielles : l'Ardières (papeteries de Saint-Didier-sous-Beaujeu), le Marveran (distilleries de Blacé et laiteries de Saint-Julien-sur-Montmelas), le Merlou (industries agricoles de Liergue), le Vauxonne (industries agricoles de Blaceret), le Nizerand (industries chimiques de Villefranche), le Morgon (industries diverses de Chervignes, Gleizé, Villefranche). Près de Lyon, des rejets importants se déversent directement dans la Saône : il s'agit d'effluents domestiques ou industriels, notamment à Belleville, Villefranche, Neuville, Collonges, Lyon.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Deux points de prélèvements ont été fixés par le Comité Technique de l'eau : l'un au pont de Belleville, l'autre au pont de la Mulatière. Nous avons, en outre, pratiqué quelques prélèvements supplémentaires en deux autres points : Fleurville et Collonges.

- S₄ : au pont de Fleurville reliant la route N. 6 à Pont-de-Vaux (route N. 433 A). Quatre prélèvements ont été effectués (analyses n° 205 à 208).

- S₃ : au pont de Belleville, sur la route D. 37. Onze prélèvements ont été pratiqués (analyses n° 209 à 219).

- S₂ : au pont de Collonges reliant Fontaines à Collonges. Huit prélèvements ont été pratiqués (analyses n° 220 à 227).

- S₁ : au pont de la Mulatière. Dix prélèvements ont été pratiqués (analyses n° 228 à 237). Le prélèvement du mois de septembre n'a pu être effectué en raison des travaux sur les bords de la Saône à cette époque.

C) POLLUTION ORGANIQUE.-

Les D.B.O. aux différents points de prélèvements et aux différentes dates sont exprimées dans le tableau n° 26.

On constate peu d'écarts entre les chiffres obtenus à Fleurville et ceux obtenus à Belleville. Sur 11 prélèvements en ce dernier point, 2 présentent des D.B.O. supérieures à 5. Au pont de Collonges, la D.B.O. est en général plus forte, et les deux mois où la D.B.O. atteignait 7,5 et 5,5 à Belleville, elle s'élevait à Collonges à 10,5 et 6. Les moyennes des D.B.O. seraient à Belleville de 3,2, à Collonges de 4,2, et à la Mulatière de 3,1.

L'oxygénation de la Saône, comme on peut le voir dans les tableaux récapitulatifs, est toujours bonne : sur 33 analyses, le pourcentage de saturation descend 4 fois au-dessous de 80 % (78, 73, 71 et 65 %). La teneur en milligrammes d'oxygène par litre est toujours supérieure à 7 mg/l, sauf dans 2 cas (6 et 5,5 mg/l).

**TABLEAU 26 : D.B.O.5 en mg/litre
dans les prélèvements de la Saône.**

LIEU DE PRELEVEMENTS	M O I S											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	IX	X	XI	XII	
Pont de Fleurville - S ₄		3		2				4	4,5			
Pont de Belleville - S ₃	7,5	3	3	2	1,5	2	2	4	3	5,5	2	
Pont de Collonges - S ₂	10,5	3,8		5	2			2	3	6	1,5	
Pont de la Mulatière - S ₁	3,5	2,5	3	4	2	2,5	1		5	4	3,5	

L'oxydabilité au permanganate est généralement faible : sur 24 mesures, elle dépasse 5 fois 3 mg d'oxygène par litre, et une seule fois 5 mg (5,6 mg/l).

Les matières en suspension sont généralement en quantité modérée : 2 fois seulement, la limite de 50 mg fut dépassée avec des teneurs de 70 et 73 mg/l (en mars 1964, en S₁ et S₃), la majeure partie étant des matières en suspension minérales.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Si, à première vue, la pollution organique de la Saône est en général fort réduite, il n'en est pas de même de la pollution chimique. Certes, ce ne sont pas les toxiques qui polluent la Saône normalement : sur 33 échantillons de Saône examinés normalement à ce sujet, on ne trouve que 3 fois des toxiques dépassant les doses limites tolérées dans les eaux de boisson : une fois du chrome (analyse n° 209), une fois du manganèse (analyse n° 220), une fois du fer (analyse n° 219). Le fer et le manganèse sont décelés, dans la Saône, à des taux inférieurs aux limites de tolérance. En dehors de ces cas, aucun autre élément toxique ou indésirable ne fut retrouvé au-delà de traces.

Les détergents n'ont jamais été retrouvés à des taux dépassant 0,200 mg : recherchés deux fois au pont de Fleurville, ils n'ont pas été mis en évidence. Sur 8 recherches, au pont de Belleville, 3 seulement décèlent des taux égaux ou très légèrement supérieurs à 0,100 mg/l. Les 5 examens, pratiqués au pont de Collonges, montrent la présence de détergents (à des taux variant entre 0,100 et 0,200 mg/l). Les 5 examens, pratiqués au pont de la Mulatière, montrent également leur présence, mais toujours à des taux inférieurs à 0,150 mg/litre.

L'examen de la composition minérale de la Saône est plus inquiétant.

Dans le tableau n° 27, sont rassemblés les principaux éléments de la composition minérale exprimée en degrés ou mg/l et la résistivité en ohm/cm. Pour chaque élément, les résultats obtenus pour les différents emplacements sont inscrits les uns sous les autres dans une même colonne, de façon à faciliter la comparaison. Quand le prélèvement à l'un de ces emplacements a été effectué 8 heures au plus, avant ou après les autres, un astérisque est situé à droite du nombre correspondant.

Dans le tableau n° 28 sont indiqués, cette fois sous forme graphique, et exprimés en milliéquivalent, les mêmes éléments, dosés dans les échantillons prélevés à Belleville.

1) - A Belleville, deux éléments sont à peu près constants : les sulfates et les bicarbonates ; deux autres subissent d'énormes variations : les chlorures et le sodium. Les variations de ce dernier se produisent au moment où les chlorures varient, mais avec une amplitude moins prononcée. Enfin, les alcalino-terreux (calcium + magnésium) subissent, encore plus atténuées, des variations concomitantes à celles du sodium et des chlorures. Mais alors que sodium et chlorures peuvent atteindre des taux très bas (de l'ordre du milliéquivalent), les alcalino-terreux demeurent toujours supérieurs à un certain seuil correspondant à environ 4 milliéquivalents.

Il résulte de ces faits que la composition de la Saône en bicarbonates et sulfates de calcium peut être considérée constante, mais que la teneur en chlorures (chlorures de sodium ou de calcium) est variable. L'augmentation de ces composés est surtout nette durant les mois d'étiage de la Saône. Ils proviennent d'un rejet qui a d'autant plus d'influence que le débit de la Saône est faible, ce qui tend à établir la constance de ce rejet.

Les autres éléments minéraux ne subissent pas de variations importantes. Tout au plus, peut-on signaler que le potassium subit une légère augmentation, les mois où Cl^- et Na^+ sont les plus abondants. Les augmentations sont d'ailleurs beaucoup plus faibles que celles des Cl^- et Na^+ .

2) - Il est difficile de relier les variations de ces ions Cl^- à une donnée précise.

Il est des mois où les taux trouvés en amont sont supérieurs à ceux trouvés en aval : on serait tenté de conclure à une diminution de la concentration en chlorures. Mais les chlorures ne subissant pas de destruction, il faudrait faire intervenir des phénomènes de dilutions. L'absence d'indication de débits ne permet pas de chiffrer la dilution due aux affluents de la Saône. Malgré l'absence d'indications précises, il est certain que le phénomène ne peut expliquer certains abaisssements des taux de l'ion Cl^- : ces affluents devraient être beaucoup plus riches en eau qu'ils ne sont.

Il est des mois, par contre, où ce sont les taux en amont qui sont les plus faibles. Toute comparaison entre les taux de Cl^- en deux points différents, le même jour, est d'ailleurs vaine : les horaires des prélèvements n'ont jamais été établis en fonction de la vitesse de déplacement de la Saône ; nous verrons, dans la troisième partie de ce travail, l'importance de cette notion. On pourrait dès lors établir des comparaisons entre les moyennes des résultats en chaque point de prélèvements : ce procédé, valable en général, nous semble inapplicable dans le cas particulier. Les variations de chlorures sont en effet trop considérables et trop rapides pour qu'une moyenne puisse être établie à partir de la douzaine de résultats que nous présentons.

Ainsi, la pollution de la Saône par les chlorures, avant l'entrée de cette rivière dans la région Rhône-Alpes, est très importante. Son évaluation exacte, son évolution dans le cours inférieur de la Saône, sont actuellement inconnues. Il serait certainement utile d'entreprendre une étude de ce sujet.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Les taux d'escherichia coli et de streptocoques fécaux, à Fleurville et à Belleville, sont bas. Les taux de coliformes sont même relativement modérés : les taux de 1.000 germes par 100 ml et plus ne se rencontrent que dans la moitié des cas pour les coliformes, et jamais pour les escherichia coli et les streptocoques fécaux. Par contre, à Collonges, la pollution s'accroît et si les escherichia coli ne dépassent qu'une seule fois la densité de 1.000 germes par 100 ml, les coliformes la dépassent dans tous les prélèvements. Au pont de la Mulatière, on trouve presque toujours plus de 1.000 escherichia coli et généralement plus de 5.000 ou 10.000 coliformes par 100 ml.

**TABLEAU 27 : Résultats des principaux éléments
aux différents points de prélèvements.**

POINTS PRELE- VEMENTS	M O I S											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	IX	X	XI	XII	
S4....		2.000*		2.100*				1.000	1.200			RESIS- TIVITE
S3....	1.700*	2.000	3.400	2.200	2.000*	1.900	1.300*	1.200	1.000	1.400	2.700	en
S2....	1.800	2.100		2.300	2.100			1.700	1.000	1.500	1.700	ohm/cm
S1....	1.600	2.200*	3.000	2.300*	1.900	1.900	1.500		1.000	1.600	1.600	
S4....		24*		24*				32	30			T. H.
S3....	26*	23	19	22	22*	25	27*	29	34	29	24	en
S2....	27	22		22	22			23	33	26	23	degrés
S1....	26	22*	18	21*	23	24	25		33	25*	23	français
S4....		18*		19*				15	17			T. A. C.
S3....	16*	18	17	19	17*	16	16*	14	16	18	17	en
S2....	18	18		19	18			16	16	18	17	degrés
S1....	18	17*	16	19*	18	16	15		16	19*	16	français
S4....		19*		18*				97	70			
S3....	31*	18	9	16	23*	27	43*	81	98	55	20	Na
S2....	31	17		15	15	18		52	107	41	40	en
S1....	34	16	7	15*	15	24	50		101	36*	39	mg/l.
S4....		53*		48*				270	179			
S3....	94*	53	21	37	57*	100	138*	205	252	175	48	Cl
S2....	90	48		36	44			114	249	104	85	en
S1....	83	45	13	36*	60	88	134		249	91*	97	mg/l.
S4....		23*		16*				33	30			SO ₄
S3....	23*	23	19	13	32	26	25*	31	31	19	25	en
S2....	25	23		17	13			30	35	29	30	
S1....	30	21	20	17*	14	23	23		35	29*	28	mg/l.

S4 = Fleurville.

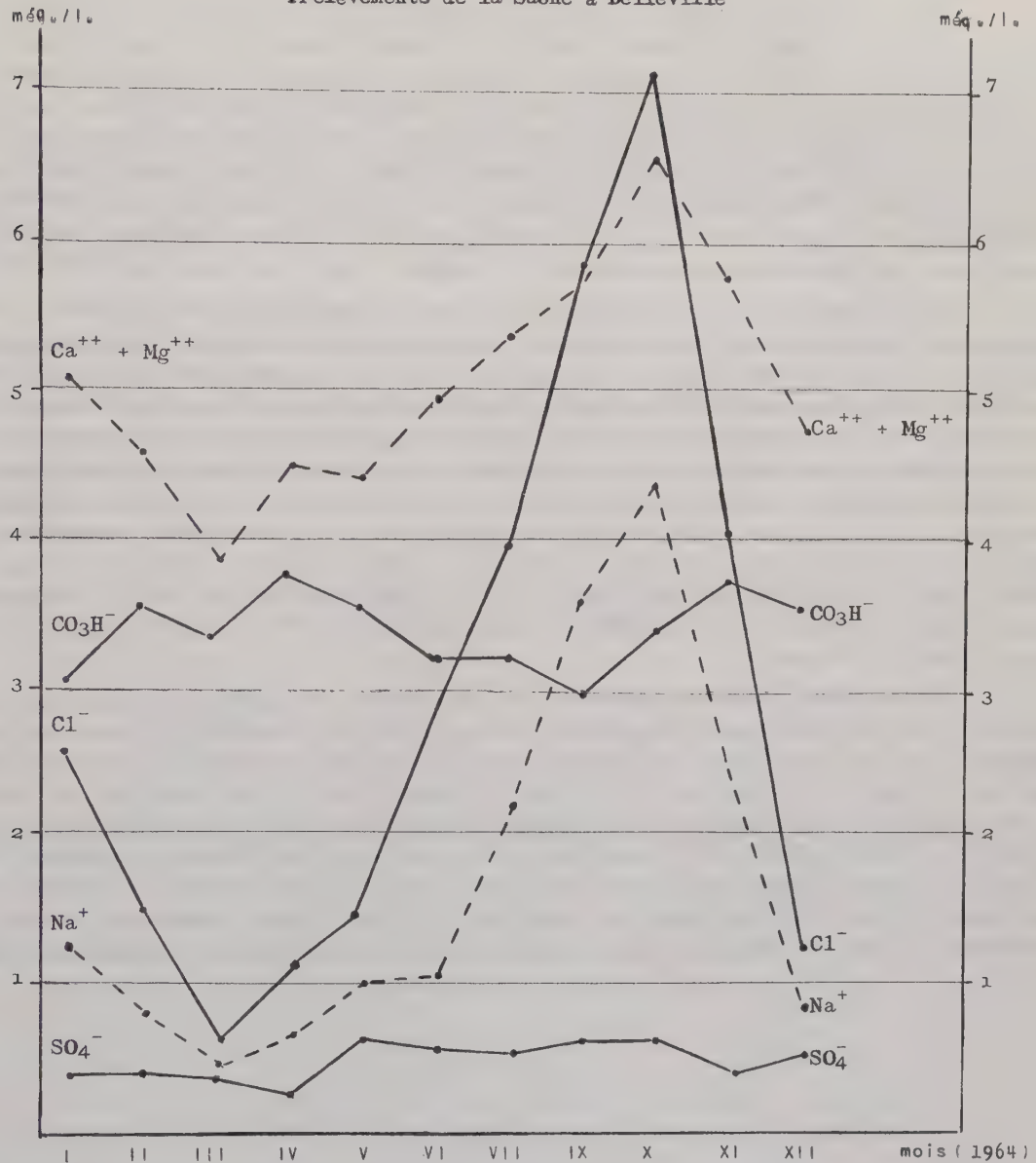
S3 = Belleville.

S2 = Collonges.

S1 = La Mulatière.

TABLEAU 28 : Résultats des différents éléments
exprimés en milliéquivalents.

- Prélèvements de la Saône à Belleville -



F) CONCLUSION.-

Nous n'avons pas pu jusqu'alors établir une comparaison entre nos résultats et les prévisions du rapport de Service de Navigation Rhône-Alpes, car ce rapport étudie l'ensemble du bassin versant de la Saône et non les divers bassins correspondants.

Nous avons mentionné dans notre introduction que la pollution industrielle était, en 1962, estimée à 98,5 milliers d'habitants-équivalents, alors que la population était de 180.000 habitants. Les 278,5 milliers d'habitants-équivalents de la charge totale du bassin, répartis dans les 35 m³/seconde de la Saône à l'étiage, entraînent une D.B.O.5 de l'ordre de 4,7 mg/l. Or, actuellement, la moyenne des D.B.O.5 de la Saône, telle qu'elle ressort de nos dosages, est toujours légèrement inférieure à ce chiffre pour des débits sans doute le plus souvent supérieurs à celui d'étiage. Que ce soit en théorie, que ce soit en pratique, la pollution moyenne de la Saône n'est pas considérable.

Comme nous l'avons signalé, la pollution risque d'augmenter considérablement en 1985 : à ce moment, elle sera de 365 milliers d'habitants-équivalents pour la pollution urbaine et 500 milliers d'habitants-équivalents pour la pollution industrielle. Ces 865 milliers d'habitants-équivalents entraîneront à l'étiage une D.B.O. théorique de 14,9 mg/litre. Il est difficile de prévoir si cette pollution pourra être détruite par auto-épuration. En réalité, la presque totalité de l'accroissement de la charge industrielle sera produite à proximité de la Saône (375 milliers d'habitants-équivalents répartis entre Villefranche, Belleville, Genay) ; il est probable que l'auto-épuration ne pourra, avant le confluent du Rhône, venir à bout de cette charge organique. Il sera alors nécessaire d'épurer complètement ces effluents, avant de les rejeter dans la Saône.

D'ailleurs, ce problème de la pollution organique, seul prévu par le rapport du Service de Navigation, n'apparaît pas essentiel dans le cas de la Saône : il se pose avec beaucoup moins d'acuité que dans bien d'autres régions mais, pour la première fois, nous voyons dans notre région se préciser pour une rivière importante le problème d'une pollution chimique qui, sans être encore redoutable, est inquiétante du fait de sa non dégradation. L'auto-risation de rejet supplémentaire de chlorures et sodium dans la Saône doit, à notre avis, être étudiée avec le plus grand soin ; bien plus, il serait bon d'envisager, dans la mesure du possible, une réduction des rejets existants.

4^{ème} SECTION :

AFFLUENTS DE LA RIVE DROITE DU RHONE EN AVAL DE LYON

La plupart de ces affluents dans la région Rhône-Alpes, prennent naissance dans les montagnes granitiques du rebord oriental du massif central. Ils ont en général une forte pente et un caractère torrentiel. Leur minéralisation est très faible, sauf pour quelques-uns naissant dans les formations calcaires de l'extrême sud-ouest de la région, ou qui traversent ce territoire.

Parmi ces affluents, nous avons étudié : le Garon, le Gier, la Cance, le Doux, l'Eyrieux, l'Ouvèze, l'Escoutey et l'Ardèche. Il n'est pas facile de conduire cette étude dans le cadre du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône, car ce rapport découpe les territoires au sud de Lyon en un certain nombre de bassins versants dont la délimitation ne correspond pas toujours aux bassins des affluents du Rhône. La concordance entre ces bassins versants et les bassins isolés des rivières n'existe que pour le Doux, l'Eyrieux et l'Ardèche.

Nous nous efforcerons néanmoins de relier le plus possible nos résultats à ceux du Service de Navigation Rhône-Saône.

- GARON -

Trois prélèvements seulement ont été pratiqués sur cette petite rivière. Les deux premiers au pont de la route D. 117 reliant la N. 86 à Millery (analyses n° 279 et 280), le troisième (n° 281) au pont de la route reliant les Sept-chemins à Vourles.

La D.B.O. atteint 2 fois 6 mg/l, chiffre relativement élevé, explicable par le faible débit de la rivière et la densité importante de la pollution : en amont des points de prélèvements, le Garon traverse l'agglomération de Brignais.

L'oxygénation, malgré cette D.B.O. élevée, reste bonne : toujours supérieure à 74 % de saturation.

L'importance de la teneur des *matières en suspension* dans les deux premiers prélèvements résulte de la présence, en amont, de carrières : les matières en suspension sont d'ailleurs essentiellement minérales. Nous avons donc déplacé en amont de ces carrières le point de prélèvement de notre troisième échantillon : le taux des matières en suspension est alors peu élevé.

La rivière est peu minéralisée : la résistivité est forte, et la composition (analyse n° 281) essentiellement bicarbonatée calcique. Les autres éléments sont en faible quantité ; seul l'ammoniaque atteint un taux relativement élevé, en corrélation avec la D.B.O. Parmi les éléments toxiques et indésirables "officiels", recherchés d'ailleurs une seule fois, le fer et le fluor ont été retrouvés à l'état de traces ; dans ce prélèvement, on trouva 0,700 mg de détergents.

La pollution bactériologique est assez intense.

En somme, peu avant son confluent avec le Rhône, cette rivière présente des signes de pollution organique non négligeables résultant sans doute de la traversée d'agglomérations d'une certaine importance.

- GIER -

A) GENERALITES.-

Cette petite rivière prend naissance dans le massif cristallin du Pilat, au sud de Saint-Chamond. Après environ dix kilomètres de parcours dans les montagnes, le Gier, utilisé en grande partie pour l'alimentation de la population de sa vallée basse, pénètre dans le sillon que relie Saint-Etienne à Givors, et traverse Saint-Chamond. Point n'est besoin d'analyses pour constater son extrême pollution au sortir de cette ville. Après avoir traversé les localités industrielles qui s'échelonnent jusqu'à Rive-de-Gier, la rivière parcourt durant dix kilomètres une région moins peuplée et non industrialisée. Puis, de nouveau, à Givors, sur un ou deux kilomètres le Gier est souillé par de nombreuses pollutions industrielles ou domestiques.

Le bassin du Gier n'est pas l'objet d'une étude particulière dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. Il est donc difficile de préciser exactement ses perspectives d'avenir humain et industriel. Disons simplement que si aucune augmentation de la pollution industrielle n'est prévue dans la partie de la vallée appartenant au département de la Loire, celle du Rhône subira sans doute un accroissement de charges de 168 milliers d'habitants-équivalents. Mais les zones industrielles futures s'étendant aux alentours de Givors, les déversements rejoindront peut-être directement le Rhône ou, de toute façon, ne pollueront que les derniers kilomètres du cours du Gier.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

La Direction départementale du Ministère de la Construction de Saint-Etienne nous a chargée d'une étude sur la pollution du Gier qui comportait des prélèvements mensuels (à partir de février 1964) aux deux points suivants :

- En aval de Rive-de-Gier, au pont de la route N. 502 (analyses n° 244 à 254), désigné par R.Gi₄.

- En amont de Givors, à la passerelle de "Five-Lille", au lieudit Noailly : R.Gi₂ (analyses n° 257 à 267).

Nous avons complété ces examens par quelques prélèvements supplémentaires : à Givors, au pont de la route N. 86, quelques centaines de mètres en amont du confluent avec le Rhône. Les prélèvements furent également mensuels : R.Gi₁ (analyses n° 268 à 278).

Entre R.Gi₂ et R.Gi₄, au pont de Saint-Romain, deux prélèvements furent réalisés : R.Gi₃ (analyses n° 255 et 256).

A l'aval de Saint-Chamond, au pont reliant l'Horre à l'autoroute, quatre prélèvements furent faits : R.Gi₅ (analyses n° 240 à 243).

Enfin, deux prélèvements furent effectués en amont de Saint-Chamond : l'un sur le Gier (immédiatement en amont d'Izieux : R.Gi₆ - analyse n° 239) et l'autre sur son affluent, le Langonand (à 3 kilomètres en amont de Saint-Chamond) : R.La (analyse n° 238).

TABLEAU 29

	M O I S												MOYENNES
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	(VIII excepté)
Débits en R.Gi4..... (m ³ /seconde)			7,2	2,5	2,3	1,05	0,53	0,53	0,65	0,95	0,38	0,95	
R.Gi5.....								>40		50	>100	>120	
R.Gi4.....		10	6	12	15	15	10	>40	6,5	40	16	30	16
R.Gi3.....	10	7,5											
R.Gi2.....		8	10	14	20	35	2	>40	7	14	40	>70	22
R.Gi1.....		10	8	15	15	30	5	>40	4	5	10	>30	15
R.6 Vernaison.....	5	3	3	5	3,5	4	1,2		2	4,5	4,5	4	3,6
R.5 - Givors.....	4	3	5	4	3,5	2	1		4	3	4	4	3,4
R.4 - Vienne.....	5	3,5	3	3	4	3	2		4	2	3	3,5	3,3
Débits en R.5..... (m ³ /seconde)	390	500	2.140	790	565	490	340		315	725	360	480	

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

Les D.B.O. exprimées en mg/l d'oxygène pour les différents points de prélèvements sur le Gier, et pour quelques points sur le Rhône en amont et en aval du confluent, sont récapitulées dans le tableau n° 29.

On constate qu'en aval de Saint-Chamond la pollution est beaucoup plus importante qu'en tout autre point : il suffit d'ailleurs de regarder le Gier en cet endroit pour en être convaincu. En aval de Rive-de-Gier, la pollution est beaucoup plus faible : le chiffre de 16 mg/l indiqué comme moyenne n'est qu'approximatif, puisque certaines mesures de D.B.O. n'ont pas été exactement chiffrées. Cette amélioration tient-elle à l'auto-épuration certainement importante dans une rivière à caractère torrentiel, ou à la dilution résultant de l'apport d'affluents ? L'absence de mesures de débits comparés, l'absence également de relations entre la vitesse de la rivière et les horaires respectifs de prélèvements, entre ces deux points, interdisent de formuler une réponse à ces questions.

En aval de Rive-de-Gier, les D.B.O. sont très variables : les moyennes indiquées semblent même suggérer une augmentation de la pollution entre Rive-de-Gier et Givors, dans la seule fraction de la vallée où l'industrie ne soit pas développée ! Faute d'une étude suffisante, il ne faut pas accorder à ces chiffres plus qu'une valeur indicative, d'autant que la présence d'éléments métalliques toxiques constatés parfois dans le Gier, comme nous le verrons plus tard, peut entraîner des inhibitions dans les réactions biochimiques responsables de la D.B.O.

L'oxygène dissous est, dans tous les cas, présent en abondance : en R.Gi₅, malgré l'importance de la D.B.O., on trouve toujours un taux de saturation supérieur à 60 % (mais peut-être le travail biologique ne fait-il que commencer et les réserves d'oxygène de la rivière ne sont-elles pas encore entamées). Cette oxygénation demeure la même dans tous les autres points (sauf 3 prélèvements en R.Gi₂ où ce taux descend parfois jusqu'à 50 %).

Les oxydabilités au permanganate de potasse, si elles sont importantes en aval de Saint-Chamond - 3 fois sur 4, supérieures à 30 mg/l d'oxygène - le sont beaucoup moins en aval de Rive-de-Gier où elles ne dépassent jamais 11 mg/l d'oxygène, et à Givors où elles sont toujours inférieures à 5 mg/litre.

Les matières en suspension, toujours supérieures à 100 mg/l en aval de Saint-Chamond, décroissent régulièrement : la moyenne est de 50 mg/l en aval de Rive-de-Gier, de 45 mg/l en amont de Givors, de 39 mg/l en aval de Givors, alors qu'en aval de Saint-Chamond les matières en suspension organiques sont deux à trois fois plus importantes que les matières minérales. En aval de Rive-de-Gier et à Givors, les matières minérales et organiques sont, dans l'ensemble, d'importance égale.

Au total, il nous apparaît que la pollution organique est considérable après Saint-Chamond, qu'elle est moindre, tout en demeurant importante, en aval de Rive-de-Gier, et qu'elle se maintient jusqu'à Givors. Mais son influence sur le Rhône est pratiquement nulle : le tableau précédent montre que les variations de D.B.O. du Rhône sont minimales et que leurs variations, en amont et en

aval de Givors, sont indépendantes des D.B.O. du Gier au confluent. La différence du débit explique ces faits : celui du Rhône étant toujours de 250 à 1.000 fois supérieur à celui du Gier, une pollution de 50 mg/l de D.B.O. du Gier entraînerait une D.B.O. supplémentaire du Rhône de seulement 0,05 à 0,20 mg/l. Or, les rapports de débit sont presque toujours réellement supérieurs à 1/250 et la D.B.O. du Gier est généralement inférieure à 50 mg/litre.

Quant au mécanisme de l'épuration du Gier (auto-épuration ou dilution), il demanderait une étude approfondie analogue à celle que nous avons conduite sur la Bourbre (voir troisième partie) ; cette étude permettrait aussi de rechercher les causes du manque d'épuration que nous avons décelé entre Rive-de-Gier et Saint-Chamond.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

1° - EN AMONT ET IMMÉDIATEMENT EN AVAL DE SAINT-CHAMOND.

Les tableaux récapitulatifs de l'appendice montrent que la résistivité du Gier, souvent variable, est le plus souvent de l'ordre de 1.000 à 2.000 ohm/cm. Une analyse plus complète nous montre que, lors de la crue importante de mars 1964 (où le débit du Gier était de 7 fois environ le débit normal), la résistivité fut de l'ordre de 3.000 à 4.000 ohm/cm, ce qui donne à penser que la minéralisation naturelle du Gier est inférieure à la minéralisation habituellement constatée. En outre, en décembre 1964, des prélèvements effectués dans le Gier et le Langonand, en amont de Saint-Chamond, indiquèrent des résistivités de l'ordre de 17.000 et 5.000 ohm/cm ; de même, la résistivité de l'eau de Saint-Chamond est élevée ; cependant, celle du Gier, à la sortie de cette ville, descend à 840 ohm/cm.

Ainsi, la minéralisation du Gier en aval de Saint-Chamond provient essentiellement de pollutions très probablement industrielles.

La comparaison des analyses des échantillons prélevés en aval de Saint-Chamond (R.G15) et de l'échantillon prélevé en amont sur le Gier (R.G16) et le Langonand (R.La) montre, outre l'élévation de la minéralisation, une augmentation importante du T.H., du potassium, des chlorures, une augmentation considérable des sulfates, des sels de sodium et d'ammonium, mais, par contre, un T.A.C. sans grand changement. Vu la faiblesse des taux de nitrates et de nitrites, ces sels d'ammonium semblent provenir d'origine industrielle, au moins partiellement.

Parmi les éléments toxiques ou indésirables, seul le fer était présent en amont de Saint-Chamond, dans le Gier : le prélèvement était effectué en effet après le déversement d'une petite usine. Par contre, en aval de Saint-Chamond, on constate la présence régulière de fer et de manganèse (en quantité très importante pour le premier, et plus faible pour le second), de chrome et de phénol (deux fois sur quatre), de détergents (deux fois sur trois, en grande quantité), de zinc (deux fois sur quatre, dont l'une en quantité considérable). Le pH, toujours acide, fut deux fois inférieur à 6.

2° - EN AVAŁ DE RIVE-DE-GIER ET À GIVORS.

En aval de Rive-de-Gier (R.Gi₄), la situation s'améliore aussi bien au point de vue minéral qu'au point de vue organique. La résistivité augmente ; en ne retenant que les prélèvements de R.Gi₄ correspondant aux prélèvements de R.Gi₅, on constate que la résistivité varie entre 900 et 1.200 ohm/cm pour les premiers, et de 600 à 850 ohm/cm pour les seconds.

Si le T.A.C. augmente, le T.H. diminue. Les teneurs en sulfates et en sels de sodium baissent considérablement, de l'ordre de la moitié. Il en est de même des sels d'ammonium, sans qu'une augmentation correspondante des nitrates et des nitrites puisse expliquer cette diminution par une transformation biochimique.

Les taux de fer sont toujours très irréguliers, et si, dans l'ensemble, ils sont plus bas en aval de Rive-de-Gier qu'en aval de Saint-Chamond, on note parfois des taux très importants : 10,8 mg/l dans l'analyse n° 251. Le manganèse est toujours présent, généralement en plus grande quantité qu'en aval de Saint-Chamond. On trouve du zinc, parfois en très grande quantité, du chrome, une seule fois. La teneur en détergents est très irrégulière. Il n'a pas été trouvé de phénols. Par contre, une fois, en août, du chlore libre a été décelé.

A Givors, tant au prélèvement amont qu'au prélèvement aval, les résultats d'ensemble sont analogues à ceux de Rive-de-Gier : la constitution chimique est la même, les toxiques souillant la rivière tout aussi irrégulièrement. Tout au plus, convient-il de signaler une fois la présence de selenium qui n'avait pas été décelée dans les autres prélèvements, mais à dose si faible...

E) POLLUTION BACTERIENNE.

Si le prélèvement dans le Langonand révèle une grande pureté bactériologique, presque tous les autres témoignent d'une pollution considérable, y compris le prélèvement du Gier en amont de Saint-Chamond effectué d'ailleurs au milieu de petites usines ou de maisons d'habitation.

Il arrive cependant, de temps à autre, qu'un échantillon manifeste une contamination bactérienne modérée, ou même presque nulle. Ce fait s'explique quelquefois par un pH très acide (analyse n° 241, par exemple) ; cependant, le pH des échantillons est souvent supérieur à 6,5. On ne trouve pas non plus de toxiques qui pourraient jouer un rôle inhibiteur. Mais l'acidité ou ces toxiques n'existaient-ils pas au moment de la contamination maximum, et n'ont-ils pas disparu (par précipitation ou autre phénomène) sans qu'une nouvelle contamination massive ait de nouveau pollué la rivière ?

F) CONCLUSION.-

Le Gier se présente comme une rivière extrêmement polluée. En fonction des prélèvements effectués, cette pollution semble être la plus prononcée immédiatement en aval de Saint-Chamond. Plus en aval, la pollution

organique semble diminuer, tout en demeurant importante. Elle ne saurait cependant avoir de répercussion sur le Rhône. La pollution d'origine minérale est intense, diminuant sans doute par dilution entre Saint-Chamond et la sortie de Rive-de-Gier, elle demeure considérable en aval de cette ville jusqu'au Rhône. Elle est caractérisée, comme la plupart des pollutions d'origine industrielle, par son irrégularité. Elle comporte la présence de toxiques en quantité parfois importante. Pas plus que la pollution organique, elle ne semble avoir de répercussion sur la qualité du Rhône.

Une étude plus systématique du Gier, tenant compte de la vitesse d'écoulement, serait intéressante pour fixer l'origine exacte de ces pollutions.

- CANCE -

A) GENERALITES.-

Cette rivière prend naissance dans la montagne cristalline de Saint-Bonnet. La seule ville importante qu'elle traverse est Annonay. Là, elle reçoit la Deume, et par des gorges de 10 kilomètres environ rejoint le Rhône où elle se jette. A Annonay, se déversent dans la Cance des pollutions importantes : elles proviennent des égouts et industries de la ville ou des industries qui s'échelonnent le long de la vallée de la Deume (papeteries, laiteries).

Son bassin n'est pas étudié spécialement dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône, mais inclu dans le bassin versant n° 20 qui englobe également sur la rive gauche du Rhône les bassins de la Gère, du Dolon, de la Galaure. Le seul renseignement spécial à la vallée de la Cance que l'on puisse tirer de ce rapport est l'estimation du développement industriel d'ici 1985, développement assez réduit puisqu'il ne doit se traduire que par 18 milliers d'habitants-équivalents de charge polluante supplémentaire.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Les prélèvements furent effectués dans trois points différents :

- R.Ca₃ : en amont d'Annonay, à 4 ou 5 kilomètres de la ville, immédiatement en amont de la "baignade" ; prélèvements au bord de la rive (analyses n° 282 et 283).

- R.Ca₂ : en aval d'Annonay, 2 kilomètres après la jonction de la Cance et de la Deume ; au bord de la rive gauche (analyses n° 284 et 285).

- R.Ca₁ : près du confluent du Rhône ; du pont de la route N. 86 (analyses n° 286 à 289).

En outre, une analyse a été effectuée dans la Deume (non indiquée dans le tableau récapitulatif), à 1 kilomètre en aval de Saint-Marcel, à 7 kilomètres d'Annonay environ.

C) INDICES DE POLLUTION ORGANIQUE.-

En amont d'Annonay, la Cance ne semble pas être polluée : la D.B.O. et l'oxydabilité au permanganate sont très basses, l'oxygénation excellente, la teneur en matières en suspension extrêmement faible ; ces mêmes qualités se retrouvent dans l'unique échantillon analysé de la Deume.

En aval d'Annonay, la situation se modifie. Dans un premier prélèvement effectué le 25 mars 1965, la D.B.O. ne s'élève qu'à 6 mg/l, mais la rivière était en crue. On ne peut chiffrer exactement cette crue, car aucune mesure de débit ne fut entreprise sur la rivière ; cependant, 2 jours avant, on constatait sur le Gier, cours d'eau d'origine voisine, un débit de 6 à 7 fois supérieur à la moyenne, et le jour même sur le Rhône, au pont de Serrières, un débit de plus de 2.000 m³/seconde. Ce phénomène explique le taux

élevé de matières en suspension (175 mg/l) et la faiblesse relative de la D.B.O. : pour qui a vu, en effet, la Cance à la sortie d'Annonay, la D.B.O. de 64 mg constatée en novembre apparaît beaucoup plus représentative de la qualité réelle de la rivière. A ce moment, les matières en suspension ne dépassaient pas 69 mg/l, dont 54 mg "d'organiques". Le taux de saturation en oxygène 66 % demeure élevé : à 2 kilomètres seulement de l'origine de la pollution, l'auto-épuration n'avait pas entamé les réserves en oxygène de la Cance. En fin de parcours, les quatre prélèvements montrent une pollution modérée (D.B.O. de 2 à 6 mg/l) ; la plus élevée des D.B.O. correspond d'ailleurs au prélèvement de mars, dans la période de crue que nous venons de signaler ; on ne sera pas étonné de trouver également un taux de matières en suspension de plus de 300 mg/l, alors que dans les trois autres échantillons ce taux ne dépassait pas 19 mg/l. Le taux d'oxygène est toujours élevé, soit que la dissolution de l'oxygène atmosphérique, facilitée par la traversée des gorges, ait permis un renouvellement constant malgré une consommation intense, soit que l'auto-épuration se soit achevée avant la vallée du Rhône, permettant à une dissolution normale de l'oxygène en fin de parcours de reconstituer les réserves de la rivière en cet élément.

D) COMPOSITION MINERALE.-

Peu d'examens furent pratiqués régulièrement : seuls la résistivité et le pH furent dans ce cas. La résistivité de trois mesures sur la Cance et la Deume, en amont d'Annonay, varient entre 9.000 et 17.000 ohm/cm ; ce qui est normal pour ces rivières de terrain granitique ; les pH varient de 6,9 à 7,5. Par contre, en aval d'Annonay, si dans l'échantillon de mars la résistivité se maintient encore à 13.000 ohm/cm et le pH à 6,9 (conséquences sans doute de la dilution des pollutions dans la crue), la résistivité du prélèvement de novembre n'est que de 2.000 ohm/cm seulement. Dans la vallée du Rhône, la résistivité varie tout autant : au moment de la crue, elle demeure à 10.000 ohm/cm. Dans les autres prélèvements, elle est de 4.500, 9.000 et 3.000 ohm/cm. Tout se passe comme si, naturellement très peu minéralisée, la Cance subissait des pollutions chimiques très irrégulières.

Le pH en aval d'Annonay, à 6,9 lors de la crue, atteint 9 dans l'échantillon de mars. Dans la vallée du Rhône, il oscille entre 7 et 8.

Les analyses complètes, pratiquées en septembre et novembre en amont du confluent, correspondent d'ailleurs aux deux échantillons les plus minéralisés de ce point de prélèvements. On peut les comparer à l'analyse pratiquée en septembre, au moment de la crue, en aval d'Annonay où la résistivité était très faible : proportionnellement, ce sont les sulfates et surtout les chlorures et les nitrates qui ont le plus augmenté ; l'augmentation des sels de sodium est relativement moins importante.

Dans ces deux analyses, on a trouvé de faibles teneurs en fer. Les autres toxiques n'ont été recherchés, sans succès d'ailleurs, que dans un seul échantillon.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Si en amont d'Annonay la pollution bactérienne est très modérée, il n'en est pas de même en aval de cette ville. Les résultats cependant apparaissent, comme toujours, très irréguliers.

F) CONCLUSION.-

La Cance présente le type d'une rivière polluée pratiquement en un seul point ; cette pollution semble à la fois chimique et organique, ce deuxième type l'emportant nettement sur le premier. Il semble d'ailleurs que cette pollution soit soumise à une active auto-épuration et que la rivière ne livre au Rhône que des eaux relativement pures et, du fait de leur faible débit, sans influence réelle sur la qualité de ce fleuve.

- DOUX -

A) GENERALITES.-

Le Doux est une rivière de 50 kilomètres, de caractère torrentiel, qui prend naissance près de la Cance, dans la chaîne des Boutières. Le bassin, formé de terrains granitiques, correspond au bassin versant n° 15 décrit dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. La population de ce bassin est faible : 22.600 habitants en 1962 ; l'industrie est peu développée et ne dégage qu'une charge polluante de 2,3 milliers d'habitants-équivalents. Les développements humain et industriel semblent d'ailleurs limités, puisqu'en 1985 on ne prévoit qu'un excédent de population de 2.500 habitants et une charge polluante industrielle supplémentaire de 4,1 milliers d'habitants-équivalents, répartie entre Tournon (3,7 milliers d'habitants-équivalents) et Lamastre (0,4 milliers d'habitants-équivalents). De plus, l'industrie, présente et prévue, ne se situe guère que dans les régions de Tournon, près du Rhône et, de ce fait, peut décharger, au moins partiellement, ses effluents directement dans le fleuve. En dehors de Tournon, seule la cité de Lamastre constitue un petit centre industriel.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

- R.Dx₃ : les prélèvements de ce point ont pour but d'étudier la pollution de Lamastre (de même que le point suivant). Ils ont été effectués de la rive, dans la cité même (analyses n° 290 à 292).

- R.Dx₂ : un seul prélèvement en aval de Lamastre, de la rive, près du pont de la route N.578 (analyse n° 293).

- R.Dx₁ : les prélèvements trimestriels de ce point, destinés à vérifier l'état de pureté du Doux avant son confluent avec le Rhône, ont été effectués du pont de la route N. 86 (analyses n° 294 à 297).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

A Lamastre, la D.B.O. a été deux fois très faible (1,5 mg et 2,6 mg/l) et la troisième fois, plus élevée (4 mg/l). Les deux premiers prélèvements ont été effectués des jours de semaine normaux, et près du pont de la route D. 236, c'est-à-dire en amont de la plupart des déversements dans le Doux, notamment de ceux apportés par le Candoix, affluent traversant la ville. Le troisième prélèvement, en novembre (analyse n° 292), montre une D.B.O. de 4 mg/l. Il fut effectué un jour de marché, nettement en aval du confluent du Candoix. Ces circonstances auraient pu entraîner, pensions-nous, une élévation de la D.B.O. par rapport aux analyses précédentes plus nette que celle constatée. L'ignorance des débits respectifs rend d'ailleurs ces comparaisons difficiles. La D.B.O., ce même jour de novembre, était de même valeur (4,5 mg/l) quelques kilomètres plus bas, soit que l'auto-épuration n'ait pu encore se faire, soit que la "tranche" de rivière analysée en ce point R.Dx₂ corresponde à une "tranche" plus polluée.

Les autres critères de pollution organique sont demeurés excellents : très peu de matières en suspension, oxydabilité au permanganate faible.

L'oxygénation a toujours été importante (entre 84 et 110 % de saturation).

Dans la vallée du Rhône, les D.B.O. des trois premiers prélèvements sont très faibles (de 1,4 à 1,7 mg/l), la quatrième (en novembre) est de 3,5 mg/l, les matières en suspension presque nulles (égales ou inférieures à 10 mg/l), l'oxygénation satisfaisante (de 79 à 97 %). Ainsi, le Doux déverse dans le Rhône des eaux d'une excellente qualité.

D'après les indications de pollution du bassin versant n° 15 du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône et du débit de l'étiage de ce bassin (0,6 m³/seconde), la D.B.O. du Doux à l'étiage, avant de rejoindre le Rhône, devrait être de 25 mg/litre. Aucun débit du Doux ne nous a été communiqué, mais nous ne pensons pas que, même à l'étiage, la pollution puisse être aussi importante. Les prélèvements de novembre ont été effectués à une période où des rivières d'origine assez proche et de même caractère, comme le Gier, étaient de débit très bas, ne devant pas correspondre à un débit très supérieur à l'étiage : la D.B.O. ne dépassa pas 3,5 mg/l à l'aval de ce bassin.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

La résistivité (d'autant plus variable qu'elle est très élevée) ne descend jamais au-dessous de 12.000 ohm/cm. Il s'agit donc d'une rivière très peu minéralisée, comme la nature géologique de son bassin permettait de le supposer.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

D'une façon générale, elle est peu accentuée. Importante à Lamastre, lors du prélèvement de novembre (de nombreux animaux circulaient en amont, près de la rivière), elle est beaucoup moins importante dans le prélèvement effectué le même matin, quelques kilomètres en aval ; mais l'absence de relation chronologique entre ces deux prélèvements interdit de faire intervenir de façon certaine l'auto-épuration pour expliquer ces faits. A l'aval du bassin, la qualité est excellente et, une seule fois, le nombre de coliformes dépasse 1.000 par 100 ml ; le nombre d'escherichia coli et de streptocoques fécaux étant toujours très inférieur.

F) CONCLUSION.-

Le Doux apparaît comme un cours d'eau très pur. Etant donné le faible développement prévu de cette région, peu de problèmes semblent se poser dans l'immédiat, pour ce bassin, au sujet de la pollution des rivières.

- EYRIEUX -

A) GENERALITES.-

Le bassin de l'Eyrieux est comme celui du Doux, constitué presque exclusivement de terrains cristallins imperméables, avec une bordure volcanique à l'ouest. Peuplé de 34.000 habitants, pratiquement dépourvu d'industries (charge polluante industrielle de 0,1 millier d'habitants-équivalents), son expansion semble limitée : aucune implantation de zone industrielle n'est prévue ; sa population est susceptible d'augmenter de 6.000 habitants d'ici 1985, selon les prévisions statistiques.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

- R.Ey₂ : au Cheylard. Un seul prélèvement a été fait (analyse n° 298).
- R.Ey₁ : prélèvements trimestriels en aval du bassin, du pont de la route N. 86 (analyses n° 299 à 302).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

D) COMPOSITION MINERALE.-

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Les résultats de mesure de D.B.O. sont tous excellents (D.B.O. inférieures à 2,5 mg/l). Les matières en suspension sont en très faible quantité (inférieures à 25 mg/l), l'oxygénation importante (de 85 à 100 % de saturation).

La minéralisation est très faible (supérieure à 8.000 ohm/cm et atteignant parfois 19.000 ohm/cm).

La pollution bactérienne par les germes témoins de contamination fécale est en général très faible. Les coliformes sont parfois abondants.

F) CONCLUSION.-

La qualité de l'Eyrieux, comme celle du Doux, est excellente. La pollution théorique du bassin (13,7 mg/l de D.B.O. à l'étiage) ne semble pas pouvoir se retrouver dans les faits.

- OUVÈZE ET ESCOUTAY -

A) GENERALITES.-

Au contraire des rivières précédentes, l'Ouvèze et l'Escoutay ne parcourent pas des terrains uniquement cristallins, mais au contraire, des régions calcaires. Il n'est pas possible de relier exactement leur bassin à un bassin versant du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône : ce dernier englobe en effet l'Ouvèze et l'Escoutay dans un bassin versant qui s'étend également sur la rive gauche du Rhône.

L'industrialisation des bassins de l'Ouvèze et de l'Escoutay est très faible ; seule la ville de Privas peut être considérée comme centre industriel. L'extension prévue se limite à cette ville et à l'agglomération voisine de Chomérac (en tout : 13 milliers d'habitants-équivalents de charge supplémentaire en 1985).

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Des prélèvements trimestriels n'ont été effectués qu'au terme du cours de ces rivières.

- R.Ou : à quelques kilomètres en amont du confluent avec le Rhône, entre le Pouzin et les Fonts-du-Pouzin (analyses n° 303 à 306).

- R.Es : à quelques kilomètres en amont du confluent avec le Rhône, du vieux pont de Saint-Alban (analyses n° 307 à 310).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

D) COMPOSITION MINERALE.-

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Les D.B.O. sont toujours égales ou inférieures à 2,5 mg/l ; les matières en suspension inférieures à 30 mg/l ; les oxydabilités au permanganate, quand elles ont été pratiquées, insignifiantes. L'oxygénation est excellente (de 80 à 115 % de saturation).

La composition minérale est presque la même pour les deux rivières ; les résistivités varient de 2.400 à 3.600 ohm/cm. La composition est essentiellement bicarbonatée calcique. Quelques recherches de détergents et d'éléments toxiques ou indésirables sont demeurées négatives.

Sauf dans un prélèvement sur l'Ouvèze, le nombre d'escherichia coli et de streptocoques fécaux est réduit. Les coliformes sont plus abondants. D'une façon générale, la pureté de l'Escoutay est bien supérieure à celle de l'Ouvèze.

F) CONCLUSION.-

L'Ouvèze et, plus encore, l'Escoutay, apparaissent comme des rivières d'excellente qualité.

- ARDECHE -

A) GENERALITES.-

L'Ardèche, rivière de 108 kilomètres de longueur, naît dans les massifs granitiques du Vivarais ; son bassin de 2.400 km² correspond au bassin versant n° 24 du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. C'est une rivière importante dont le débit moyen annuel est de 65 m³/seconde, mais est très irrégulier. En 1959, durant 5 mois, de juin à octobre, il ne dépassa pas 22 m³/seconde, avec des débits de moins de 8 m³/seconde durant les trois mois d'été ; en décembre, il atteignit 240 m³/seconde. Si la partie nord-ouest du bassin est de nature granitique, la partie sud-est est, au contraire, calcaire.

Il s'agit d'une zone à habitation clairsemée : 59.000 habitants seulement vivent dans ce bassin, et l'augmentation prévue pour 1985 n'est que de 11.000. L'industrie est peu développée. La charge polluante industrielle n'est que de 24 milliers d'habitants-équivalents ; elle doit, il est vrai, doubler d'ici 1985. Le seul centre industriel de quelque importance est Aubenas, à 60 kilomètres de la vallée du Rhône. Au total, en 1985, la charge polluante sera donc de 120 milliers d'habitants-équivalents, au lieu de 83 en 1962.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

- R.Ar₂ : parmi les quatre prélèvements effectués à ce point (à proximité d'Aubenas), l'un a été effectué en aval, du pont de la route N. 102 (analyse n° 311, en février 1965) ; les autres ont été effectués en amont, du pont de la route N. 578 (analyses n° 312 à 314).

- R.Ar₁ : les quatre prélèvements ont été effectués du pont de la route N. 86, quelques kilomètres en amont du confluent avec le Rhône (analyses n° 315 à 318).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

Les D.B.O. de tous les échantillons, qu'ils soient prélevés près du Rhône ou à Aubenas, sont très faibles (inférieures ou égales à 2,5 mg/l), mais les trois derniers prélèvements en R.Ar₂ ont été prélevés en amont d'Aubenas. Nous ne savons pas d'ailleurs si l'Ardèche au pont de Saint-Didier, où fut effectué le premier prélèvement, avait déjà reçu les effluents de la ville.

Les oxydabilités au permanganate sont très basses (dans les rares échantillons où ce dosage fut réalisé).

Les matières en suspension sont en très faible quantité : le mois où elles ont été le plus abondantes est septembre. Elles atteignent 35 mg/l environ, la plupart d'origine minérale d'ailleurs. L'ignorance du débit nous empêche de relier les taux aux crues éventuelles.

L'oxygénation, toujours excellente, varie de 86 à 104 %.

D) COMPOSITION MINERALE.-

La résistivité, à Aubenas, est toujours supérieure à 12.000 ohm/cm. Par contre, en aval, elle ne dépasse jamais 6.500 ohm/cm. Entre ces deux points en effet, l'Ardèche est grossie d'affluents d'origine calcaire. L'augmentation de la minéralisation consiste essentiellement en une augmentation des taux de bicarbonate de calcium, le T.H. et l'alcalinité étant de 2 degrés environ à Aubenas, et 12 degrés dans la vallée du Rhône. L'augmentation entre ces deux points, des autres éléments, est d'une amplitude beaucoup plus faible.

Deux analyses d'éléments toxiques ou indésirables, effectuées une en aval, une en amont, ne révèlent aucune présence de ces éléments.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Un des prélèvements amont montre une pollution importante, et sans doute accidentelle, car les autres ne décèlent qu'une contamination réduite par escherichia coli et les streptocoques fécaux ; on constate, comme toujours, la présence de "coliformes" en nombre plus important, mais irrégulière.

F) CONCLUSION.-

Il en est de l'Ardèche comme de la plupart des rivières de la rive droite du Rhône, Gier et Cance exceptées : c'est une rivière d'excellente qualité qui absorbe facilement les pollutions minimales et, de plus, disséminées, qui lui parviennent. Il est donc évident que la D.B.O. théorique de 9 mg/l d'oxygène que les calculs lui affectent en aval de son bassin, à l'étiage, ne doit pas être souvent constatée en pratique.

5^{ème} SECTION :
AFFLUENTS DE LA RIVE GAUCHE DU RHONE
EN AVAL DE LYON
(Isère excepté)

Nous n'étudierons que quelques-uns des très nombreux affluents qui, de Lyon à Montélimar, rejoignent la rive gauche du Rhône. Hormis la Drôme, ce sont de petites rivières, aux débits mal connus, car dépourvues généralement de station de jaugeage. Traversant surtout des régions agricoles, elles demeurent à l'abri de pollutions importantes jusqu'à ce qu'elles approchent des rives du Rhône. Là, le développement des industries, l'abondance des agglomérations, expliquent la pollution organique parfois importante dont elles deviennent l'objet (Gère, Galaure) sur les derniers kilomètres de leur cours.

Tous ces cours d'eau sont de composition essentiellement bicarbonatée calcique, avec des résistivités moyennes de 2.000 à 2.500 ohm/cm atteignant parfois 3.000 ohm/cm ; dans le sud de la région, elles sont plus chargées en sulfates ; les taux de nitrates nous ont paru souvent plus importants que ceux habituellement trouvés dans les rivières de la région Rhône-Alpes ; faut-il, dans ces régions agricoles, considérer ce fait comme résultant des épandages et des engrais ?

Au total, le faible débit de ces rivières explique que leur influence sur la composition du Rhône soit pratiquement nulle et que la pollution dont elles sont l'objet ne soit pas, en l'état actuel, susceptible d'altérer de façon perceptible la qualité de ce fleuve.

- GÈRE -

A) GENERALITES.-

La Gère prend naissance dans la région riche en étangs, située au sud de Chatonnay et Saint-Jean-de-Bournay ; son cours de 40 kilomètres se poursuit dans des régions agricoles jusqu'à Pont-Evêque. Cotoyant cette cité, elle en reçoit les eaux usées et rejoint le Rhône en 5 ou 6 kilomètres, après avoir traversé les faubourgs industriels du nord-est de Vienne.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

- R.Ge₃ : ce point est situé un peu en amont de Pont-Evêque (1,5 kilomètre environ). La Gère n'est pas encore entrée dans la partie "industrielle" de son parcours. Quatre prélèvements furent faits à la hauteur du pont de la route N. 502 (analyses n° 319 à 322) ; seul le dernier fut suivi d'une analyse complète.

- R.Ge₂ : ce point est situé au pont de la même route N. 502, mais en aval de Pont-Evêque, immédiatement en amont de Vienne. Trois analyses furent effectuées (n° 323 à 325).

- R.Ge₁ : trois prélèvements furent effectués (analyses n° 326 à 328) du deuxième pont en amont à partir du confluent avec le Rhône, soit 150 mètres en amont de ce confluent.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

La D.B.O. est très faible en amont de Pont-Evêque : inférieure ou égale à 2 mg/l ; en aval, elle est plus élevée : de 2 à 6 mg/l dans les trois prélèvements en aval de Pont-Evêque, de 4 à 9 mg/l avant le confluent.

L'oxydabilité au permanganate de potasse, à froid, est très faible dans les quelques échantillons où elle a été recherchée.

Les matières en suspension n'atteignent jamais des taux élevés, puisqu'elles sont toujours inférieures à 30 mg/litre. Légèrement plus élevées en amont de Pont-Evêque qu'en aval, elles semblent plutôt diminuer en amont du confluent : plusieurs petits barrages, dans Vienne, en facilitent sans doute le dépôt.

L'oxygénation se maintient à un taux élevé sur tout le parcours urbain.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Cette rivière de plaine est relativement minéralisée : sa résistivité moyenne est de l'ordre de 2.000 ohm/cm ; on ne remarque pas de modifications notables entre R.Ge₃ et R.Ge₁ : il faudrait un beaucoup plus grand nombre de résultats pour établir des moyennes en ces trois points ; faute de

ces documents on peut seulement dire que, à première vue, les déversements industriels ne changent pas considérablement la minéralisation de la Gère.

Pour autant qu'on puisse accorder quelques valeurs à la comparaison de deux seules analyses, en deux points différents, non reliées par la notion de vitesse d'écoulement de la rivière, il semble qu'il n'y ait pas eu de transformation qualitative importante entre R.Ge₃ et R.Ge₁.

La Gère est essentiellement bicarbonatée calcique, peu riche en chlorures et en sulfates. Par contre, on note un taux de nitrates important pour des eaux de surface. La présence de ces nitrates en amont de Pont-Evêque montre qu'ils ne résultent pas de transformations chimiques des nitrites et sels d'ammonium au cours inférieur de la rivière.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

La pureté de la Gère est grande en amont de Pont-Evêque. La pollution s'accroît considérablement en aval ; toutefois, en aval de Pont-Evêque, le taux d'escherichia coli et de streptocoques fécaux est dans l'ensemble nettement inférieur à 5.000 germes pour 100 ml. Cette concentration est généralement dépassée en amont du confluent.

F) CONCLUSION.-

Rivière très pure quelques kilomètres avant sa terminaison, la Gère reçoit une pollution importante à la fin de son parcours : les quelques prélèvements que nous avons faits mettent en évidence une pollution organique et bactériologique nette, la pollution industrielle chimique restant à démontrer.

Le problème de la Gère demeure donc un problème purement hygiénique : elle est susceptible de fournir une eau d'alimentation en amont de la zone de pollution, une eau industrielle convenable, même au cours de sa traversée dans l'agglomération de Pont-Evêque. Une question subsiste : celle de savoir si la pollution de cette rivière peut être nuisible aux riverains du fait de son odeur et de sa charge polluante.

- DOLON ET COLLIERE -

A) GENERALITES.-

Ces deux rivières, aux cours parallèles, naissent à l'ouest de la plaine de Bièvre et parcourent des régions agricoles avant de rejoindre le Rhône entre Sablons et Saint-Rambert.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Chacune de ces rivières a été l'objet de quatre prélèvements effectués, pour chacune d'elles, dans un rayon de quelques centaines de mètres les uns par rapport aux autres, mais pas exactement au même endroit : c'est ce qui explique certains résultats analytiques.

- R.Do : le Dolon a été étudié soit du pont de la route N. 7, au sud de Chanas, soit 1 kilomètre en amont, du pont de la route reliant Chanas à Rozay (analyses n° 329 à 332).

- R.Co : la Collière fut prélevée également du pont de la route N. 7, au nord de Saint-Rambert, ou 500 mètres en amont, du pont de la route reliant cette ville à Epinouze (analyses n° 333 à 336).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Les D.B.O. sont toujours excellentes : inférieures à 3 mg ; les taux de saturation en oxygène varient entre 85 et 108 % ; les oxydabilités au permanganate sont inférieures à 1 mg ; les taux des matières en suspension sont inférieurs à 25 mg, sauf une fois sur la Collière (nous reviendrons sur ce sujet). Donc, les signes de pollution organique sont très faibles.

La minéralisation de ces rivières est moyenne : la résistivité varie de 2.000 à 3.100 ohm/cm, la Collière étant, semble-t-il, très légèrement moins minéralisée. La composition chimique qui ressort de deux analyses complètes pratiquées en septembre est à peu près la même pour les deux rivières, et à peu près semblable à celle de la Gère en novembre.

Essentiellement de composition bicarbonatée calcique, le Dolon et la Collière sont cependant relativement riches en nitrates. Les toxiques n'ont jamais été recherchés.

Les résultats des examens bactériologiques montrent quelques différences provenant sans doute de l'emplacement exact des prélèvements. Deux d'entre eux, sur le Dolon (analyses 329 et 332), montrent une pureté bactériologique très grande : les prélèvements ont été effectués en amont de la route N. 7 et de l'autoroute en construction. Les deux autres, sur la même rivière, correspondent à des échantillons prélevés du pont de la route N. 7, en aval des chantiers de l'autoroute : ils mettent en évidence une pollution qui, sans être intense, est cependant marquée.

Les prélèvements sur la Collière ont été faits à divers emplacements, mais tous en aval de l'autoroute : ils ne révèlent pas non plus une pollution intense ; mais on peut remarquer que le dernier, effectué en novembre, correspond à une pureté bactériologique plus grande. A cette date, aucune manifestation d'activité n'était visible sur les abords de l'autoroute. Par contre, ces manifestations étaient évidentes, en particulier lors du prélèvement de l'analyse 333 où les matières en suspension atteignirent 232 mg/litre.

F) CONCLUSION.-

Ces deux petites rivières ne semblent présenter de pollution que dans le cours inférieur de leur parcours, aux abords de la route N. 7. Encore cette pollution semble-t-elle très limitée, essentiellement bactériologique, la pollution organique ou minérale paraissant inexistante.

- GALAURE -

A) GENERALITES.-

Cette rivière naît dans le plateau de Chambarand et traverse une région essentiellement agricole durant 50 kilomètres. Puis elle pénètre dans le défilé de Rochetaillée qui lui permet de se frayer un chemin à travers le rebord du plateau.

L'industrie se développe dans la basse vallée de la Galaure et jusqu'au Rhône qu'elle atteint à Saint-Vallier ; les déversements industriels ne sont pas négligeables.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

- R.Ga₂ : les prélèvements ont pour but d'estimer la pollution de la Galaure 4 à 5 kilomètres avant qu'elle ne pénètre dans sa zone industrielle. Les prélèvements, au nombre de quatre, ont été effectués immédiatement en amont du pont de la route D. 161 reliant La Motte à Claveyson (analyses n° 341 à 344).

- R.Ga₁ : on peut étudier l'influence des déversements industriels de Rochetaillée. Les quatre prélèvements ont été effectués de la rive, ou dans la rivière elle-même, exactement à 1 kilomètre (borne kilométrique) en aval de Saint-Vallier.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

La D.B.O. varie entre 2,3 et 5 mg/l à La Motte, mais en amont de Saint-Vallier elle avoisine 6 mg/l dans trois prélèvements et, dans le quatrième, atteint 15 mg/litre.

L'oxygénation est toujours excellente à La Motte (90 à 106 % de saturation). Il en est généralement de même en amont de Saint-Vallier où, dans trois échantillons sur quatre, les taux de saturation varient de 86 à 102 % ; mais, dans le quatrième, ce taux tombe à 69 : ceci laisse entendre qu'une partie des réserves d'oxygène a été utilisée pour détruire les matières organiques, et que la réoxygénation n'a pas encore pu se faire en totalité.

L'oxydabilité au permanganate, pratiquée seulement dans deux séries de prélèvements, est faible en R.Ga₂, plus élevée en R.Ga₁.

Les matières en suspension sont peu abondantes à La Motte : 3 fois sur 4, inférieures à 7 mg/l ; une fois, à 30 mg/l. Les taux sont plus élevés à l'amont de Saint-Vallier : 3 fois sur 4, ils atteignent ou dépassent 40 mg/l (le quatrième échantillon ne possède que 10 mg/l de matières en suspension).

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Cette pollution du cours inférieur de la Galaure ne se traduit pas par des modifications chimiques nettes ; dans chaque série de prélèvements, on peut certes constater que la Galaure en amont de Saint-Vallier a une

résistivité plus faible, d'environ 200 ohm/cm, qu'à La Motte ; mais les horaires de prélèvements n'ont jamais été synchronisés en tenant compte du déplacement de la rivière. Les analyses complètes n° 343 et 344 pour R.Ga₁, et 339 pour R.Ga₂, montrent des résultats presque identiques. La composition est très voisine d'ailleurs de celle de la Gère, du Dolon et de la Collière, les nitrates étant toutefois en plus faible quantité. On a trouvé, à dose faible, du fer, même à La Motte, et, en amont de Saint-Vallier, du manganèse à dose notable. Dans la seule analyse pratiquée à cet effet, en amont de Saint-Vallier, on n'a pas mis en évidence d'autres produits toxiques ou indésirables, ou de détergents.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Si, à La Motte, la teneur en escherichia coli et streptocoques fécaux est généralement faible, leurs taux cependant atteignent, une fois, des valeurs élevées. Les "coliformes" sont, deux fois, présents en grande quantité.

En aval, la pollution, comme on peut s'y attendre, est nettement augmentée. Elle n'atteint pas cependant une proportion considérable : la concentration des escherichia coli demeure inférieure à 4.000 par 100 ml et, par deux fois, est inférieure à 1.000 par 100 ml. La concentration des streptocoques fécaux ne dépasse pas 600 par 100 ml.

Le nombre de "coliformes" est cependant toujours supérieur à 5.000 par 100 ml.

F) CONCLUSION.-

Ainsi, la Galaure, comme beaucoup de rivières de la rive gauche du Rhône, semble de bonne qualité sur la plus grande partie de son parcours. A la fin de celui-ci toutefois, aux abords de la vallée du Rhône, elle est sujette à des pollutions. Mais ces pollutions essentiellement organiques ne sauraient, en aucune façon, avoir une influence notable sur la qualité du Rhône.

- VEORE ET OZON -

A) GENERALITES.-

La plaine s'étendant de Valence à la Drôme est sillonnée de petits cours d'eau qui, pour la plupart, se jettent dans deux petites rivières : la Véore au nord, l'Ozon au sud. Celles-ci se réunissent quelques dizaines de mètres avant de se mêler au Rhône, à l'ouest de Fiancey.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Deux analyses seulement ont été pratiquées pour chacune de ces rivières. Dans les deux cas, les prélèvements ont été faits des ponts de la route N. 7 : point R.Ve pour la Véore (analyses n° 345 et 346), point R.Oz pour l'Ozon (analyses n° 347 et 348).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Pour les deux rivières, les D.B.O. sont excellentes (inférieures à 3 mg/l). Les taux d'oxygénation varient entre 77 et 84 %. La teneur des matières en suspension est plus irrégulière : 54 mg/l, une fois sur l'Ozon (il n'a pas été fait, cette fois, de différenciation entre organique et minérale) ; moins de 30 mg/l, les trois autres fois.

La composition chimique est analogue à celles des rivières déjà étudiées depuis la Gère. On note cependant une minéralisation plus grande, un taux de sulfates légèrement supérieur. Il n'a pas été trouvé de toxiques ni de détergents à dose notable.

La pureté bactériologique de l'Ozon est grande. Il n'en est pas de même pour la Véore. Aux points de prélèvements, il est vrai, l'Ozon parcourt rapidement une tranchée aux bords nets, alors que la Véore circule lentement parmi les taillis et les arbres, proche de maisons d'habitation : ces circonstances expliquent sans doute la pollution de la Véore où les "coliformes" jouent le rôle principal.

F) CONCLUSION.-

Dans la mesure où deux seuls échantillons autorisent à porter un jugement, on peut dire que la Véore et l'Ozon ne sont pratiquement pas polluées du point de vue organique ou minéral.

- DROME -

A) GENERALITES.-

La Drôme est une importante rivière de 120 kilomètres de long, de caractère torrentiel, dont le bassin de 1.750 km² est étudié dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône sous la référence de bassin versant n° 22.

Ce bassin essentiellement montagneux, sauf dans sa partie inférieure, est faiblement peuplé (32.000 habitants) et peu industrialisé puisque sa charge polluante industrielle ne dépassait pas 60 milliers d'habitants-équivalents en 1962. Son développement futur semble restreint : quelques 5.000 habitants pour la population, une petite zone à Crest pour l'industrie ; au total, en 1985, la charge polluante globale n'aura donc augmentée que de 6 milliers d'habitants-équivalents et atteindra, de ce fait, 98 milliers d'habitants-équivalents.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

Quatre prélèvements ont été pratiqués, dont trois suivis d'analyses complètes, du pont de la route N. 7, au sud de Livron (analyses n° 349 à 352).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

La D.B.O. ne dépasse jamais 3 mg/l ; l'oxygénation varie de 70 à 100 % de saturation ; l'oxydabilité au permanganate est inférieure à 1 mg/l dans deux échantillons, mais atteint 2 mg/l dans le troisième. Tout ceci est en faveur d'une pollution organique très réduite.

Les matières en suspension, par contre, atteignent des taux considérables, de 133 à 476 mg/l : on comprendra ce fait si l'on sait que, quelques centaines de mètres en amont du point de prélèvement, des extractions importantes de gravier ont lieu dans la rivière. On pourrait certes remarquer que la fraction désignée sous l'expression "organique" dans nos tableaux est importante dans certains échantillons : 66 et 122 mg/l (analyses n° 350 et 352) ; mais cette désignation est en réalité souvent impropre et la "perte au feu" des matières en suspension peut correspondre à des fractions minérales.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Moins minéralisée que les autres rivières de la rive gauche du Rhône en Dauphiné, la Drôme est de composition essentiellement bicarbonatée calcique. Les chlorures sont en très faible quantité comme dans la plupart des rivières de cette région ; les sulfates un peu plus abondants que dans les rivières du département de l'Isère. Les éléments toxiques ou indésirables, les détergents, n'ont pas été trouvés, ou n'ont été décelés qu'à l'état de traces.

E) POLLUTION BACTERIENNE.--

Trois fois seulement nous avons pratiqué un examen bactériologique : les taux des escherichia coli et des streptocoques fécaux sont toujours très bas. Il en est de même pour les coliformes dans deux échantillons sur trois : la troisième fois, le taux de coliformes était très élevé.

F) CONCLUSION.--

La Drôme est une rivière torrentielle. Son débit d'étiage est bas : 3,5 m3/seconde. Vu la charge polluante actuelle du bassin, le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône conclut que la D.B.O., à l'étiage, est de 16 mg/l. Du fait de la dispersion de la population, donc de la dissémination de la pollution, l'auto-épuration est susceptible de détruire les matières organiques dès leurs déversements. L'ignorance de la plupart des débits de la Drôme au moment de nos prélèvements nous empêche de relier nos résultats à ces notions théoriques : il est néanmoins presque certain qu'à l'étiage la D.B.O. n'atteint pas les chiffres prévus.

- ROUBION -

A) GENERALITES.-

Prenant naissance dans les contreforts occidentaux des préalpes, à la montagne d'Angèle, le Roubion rejoint le Rhône après 70 kilomètres de course. Traversant quelques agglomérations, dont la plus importante est Montélimar, il reste en dehors de zones de grandes pollutions.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

Quatre prélèvements furent pratiqués seulement, à Montélimar, immédiatement en aval du pont de la route N. 7 (R.Ro - analyses 353 à 356).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

La D.B.O. est toujours inférieure ou égale à 3 mg/l, l'oxydabilité au permanganate faible ; les matières en suspension, cependant, ont deux fois dépassé 50 mg (52 mg, analyse 355 et 360 ; analyse n° 353). L'oxygénation est toujours excellente (supérieure à 83 %).

La composition chimique est analogue à celle des rivières précédemment étudiées, notamment de la Galaure, de la Véore ou de l'Ozon. Les toxiques n'ont pas été recherchés.

La pollution bactériologique est très notable : les échantillons sont prélevés après la traversée de Montélimar.

F) CONCLUSION.-

Cette rivière se comporte comme les autres petites rivières de la rive gauche du Rhône. Mais la faible industrialisation de son bassin, même aux abords du fleuve, explique que la qualité du Roubion soit demeurée excellente.

6^{ème} SECTION :

L'ISERE ET SES AFFLUENTS

En 1959, le débit moyen annuel de l'Isère était de 328 m³/seconde : c'est un débit important qui approche celui de la Saône (débit moyen annuel de 400 m³/seconde pour la période de 1957 à 1962). L'Isère est cependant plus régulière que la Saône puisque, en 1959, les débits moyens mensuels les plus bas furent de 35 m³/seconde pour celle-ci et de 175 m³/seconde pour celle-là.

Il est heureux que le bassin de l'Isère soit parcouru par un cours d'eau de débit régulièrement important, car les pollutions y sont nombreuses. Malgré ces circonstances favorables, l'eau, dans certains secteurs de l'Isère, est de qualité très médiocre, et c'est justement dans ces zones que les déversements industriels prévus pour les années à venir risquent d'être les plus abondants.

Nous examinerons d'abord la situation des quelques affluents de l'Isère que nous avons étudiés, puis l'état de l'Isère elle-même, en comparant la pollution théorique et la pollution réellement observée au cours de nos examens.

Dans une conclusion qui se rapportera aussi bien à l'ensemble du bassin qu'au seul cours de l'Isère, nous insisterons sur la gravité possible d'une situation future provenant du développement urbain et industriel de cette région.

- DORON -

A) GENERALITES.-

Le Doron, dit Doron de Bozel, prend naissance dans le massif de la Vancise, reçoit les Dorons de Champagny, des Allues et de Belleville, avant de rejoindre l'Isère immédiatement en aval de Moutiers. Il s'agit donc d'un torrent alpestre dont le débit n'est pas négligeable : 10 m³/seconde en moyenne à la fin de son cours. Si les vallées arrosées par cet ensemble de rivières sont surtout vouées au tourisme, des usines importantes cependant s'y trouvent, notamment des usines de produits chimiques, susceptibles de rejeter des pollutions. A ces déversements industriels, s'ajoutent les déversements d'égouts des stations thermales et climatiques.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

Tous les prélèvements ont été faits du pont situé immédiatement en amont du confluent avec l'Isère : I.Do (analyses n° 357 à 360).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

La pollution organique est faible : les D.B.O. sont inférieures ou égales à 4 mg/l ; les oxydabilités au permanganate sont, dans l'ensemble, minimales. Les matières en suspension sont 3 fois inférieures à 20 mg/l alors que, la quatrième fois, elles atteignent 137 mg/l dont 109 mg/l essentiellement minérales : dans ce type de torrent alpestre à fort pouvoir érosif, un tel résultat peut être considéré comme presque normal, même en dehors des crues.

La minéralisation est importante : la résistivité varie entre 1.000 et 1.600 ohms/cm. Cette minéralisation est due essentiellement à la présence de sulfate de calcium. En effet, si les taux de chlorures, de nitrates, de sels de sodium et de potassium, sont bas, si le T.A.C. ne dépasse pas 10 degrés français, par contre, le T.H. atteint 30 à 40 degrés et les sulfates dépassent 200 et même 300 mg/l, les variations de ces deux éléments étant concomitantes.

Ce sulfate de calcium a-t-il une origine naturelle ou industrielle ? Les usines de produits chimiques de la région pourraient orienter vers la seconde hypothèse, mais la connaissance de certaines eaux alpestres, les résultats d'analyses de l'Isère, du lac de Tignes, orientent au contraire vers la première.

Dans les trois analyses complètes effectuées, il n'a été trouvé aucun toxique en quantité notable, mais seulement des traces de fluor, de zinc et de fer.

La pollution bactérienne est relativement élevée et, deux fois, les *Escherichia coli* ont dépassé le nombre de 1.000/100 ml. Les "coliformes" sont évidemment beaucoup plus nombreux.

F) CONCLUSION.-

Torrent alpestre, le Doron est caractérisé par sa forte teneur en sulfate de calcium dont l'origine, probablement naturelle, demanderait néanmoins à être précisée.

- ARLY - CHAIZE -

A) GENERALITES.-

L'Arly prend naissance dans les environs de Megève et s'écoule dans les gorges auxquelles il a donné son nom jusqu'à Ugine . Dans cette ville industrielle, il reçoit la Chaize en provenance des Aravis ; puis, après un parcours d'une dizaine de kilomètres dans une vallée plus large où il se joint au Doron de Beaufort et reçoit les déversements de barrages hydroélectriques, il atteint l'Isère à Albertville.

Si l'Arly, au début de son cours, semble à l'abri de toute pollution quelque peu importante, il n'en est plus de même lorsqu'il atteint Ugine : là, non seulement il est souillé par les évacuations urbaines et industrielles de la cité, mais encore par la Chaize où se sont déversées les eaux usées des industries de métallurgie et de produits manufacturés de la région de Faverges.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

- I.A1₂ : sur l'Arly, à un ou deux kilomètres en amont d'Ugine , dans la rivière même, auprès du limigraphe dont nous indiquons les débits dans nos tableaux ; quatre analyses ont été faites, dont deux complètes (analyses n° 361 à 364) .

- I.A1₁ : sur l'Arly, immédiatement en aval d'Ugine et du confluent avec la Chaize, du pont de la route D. 67 ; quatre analyses également ont été effectuées, dont trois complètes (analyses n° 365 à 368) .

- I.Ch : sur la Chaize, deux kilomètres en amont d'Ugine , du pont reliant la route N. 508 à Outrechaise ; une seule complète a été réalisée (n° 369) .

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

Les D.B.O. de l'Arly, en amont d'Ugine, sont égales ou inférieures à 3 mg/l ; plus élevées dans l'ensemble en aval, elles n'atteignent pas cependant des taux importants ; la seule D.B.O. pratiquée sur la Chaize se traduit par une consommation d'oxygène de 2 mg/l.

Les oxydabilités au permanganate sont également plus fortes en aval d'Ugine. Dans un échantillon de l'Arly, on trouve 4 mg/l d'oxygène et, dans celui de la Chaize, près de 6 mg/l.

Les matières en suspension sont pratiquement toujours inférieures à 50 mg/l. Cependant, en amont d'Ugine, on observe une teneur de 56 mg/l dont la plus grande partie est d'ailleurs représentée par des matières essentiellement minérales : nous avons vu un exemple analogue à propos du Doron.

Les oxygénations sont excellentes, presque aussi bonnes en aval qu'en amont d'Ugine.

D) COMPOSITION MINERALE.-

L'Arly en amont d'Ugine, quoique moins minéralisé que le Doron, apparaît comme une rivière riche en sels : sa résistivité varie entre 1.500 et 2.300 ohm/cm.

Les analyses complètes, pratiquées d'ailleurs sur les deux échantillons les moins minéralisés, indiquent une minéralisation constituée essentiellement par du sulfate de calcium, comme dans le cas du Doron ; toutefois, les bicarbonates jouent un rôle plus important et le rapport T.H./T.A.C. est moins élevé pour l'Arly que pour le Doron.

La Chaize, étudiée dans un seul échantillon, apparaît moins minéralisée ; sa composition est d'ailleurs différente : le T.H. et le T.A.C. sont presque égaux ; la teneur en sulfates est faible.

L'Arly en aval d'Ugine, après le confluent avec la Chaize, apparaît donc moins minéralisé qu'en amont et beaucoup moins riche en sulfates. On y voit apparaître des sels ammoniacaux, du fer et même des quantités notables de chrome dans un échantillon.

Dans toutes ces rivières, le taux de chlorures demeure bas.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

En amont d'Ugine, escherichia coli et streptocoques fécaux ont été rencontrés en faible quantité. Il en est de même des "coliformes" qui, presque toujours, ont été décelés à une concentration inférieure à 1.000/100 ml. Une fois cependant, malgré la pureté de l'eau, le taux de 13.000 "coliformes" par 100 ml a été atteint, ce qui, à notre avis, montre le peu d'intérêt qu'il convient de porter à ce dénombrement, tout au moins par les procédés sommaires que nous avons utilisés. Au total, en amont d'Ugine, l'Arly nous paraît peu polluée du point de vue bactériologique.

Il n'en est pas de même en aval d'Ugine où la pollution est intense.

F) CONCLUSION.-

Ainsi la pollution de l'Arly, en aval d'Ugine, ne se manifeste nettement que du point de vue bactériologique. Il est vraisemblable que cette pollution se manifeste sous d'autres aspects qui n'ont pu être mis en évidence que d'une façon fragmentaire dans nos rares examens (nous avons, par exemple, trouvé une fois du chrome en quantité abondante). Une estimation correcte de la pollution de l'Arly inférieur exigerait une fréquence d'examens beaucoup plus importante que celle adoptée.

- ARC -

A) GENERALITES.-

Le bassin de cette importante rivière (bassin versant n° 16 du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône) correspond à la vallée de la Maurienne et occupe un territoire de 1.950 km².

La population atteignait 42.000 habitants en 1962 ; elle serait susceptible de s'élever à 51.000 habitants en 1985. Les groupements urbains principaux se localisent à Modane, Saint-Jean et Saint-Michel de Maurienne, Aiguebelle. L'industrie se répartit dans les nombreuses localités qui s'échelonnent le long de la vallée, en aval de Modane, industries chimiques à Aiguebelle, Argentière, la Chambre, Epierre, Modane, Orelle, la Praz, Saint-Jean-de-Maurienne ; métallurgie et fonderies à Saint-Michel et Saint-Martin ; papeteries à Modane, etc... Au total, 112 milliers d'habitants-équivalents de charge industrielle s'ajoutent à la charge domestique, pour aboutir à une charge globale de quelques 150 milliers d'habitants-équivalents. Pas plus que la population, l'industrie ne semble appelée à un développement très important : on prévoit seulement un accroissement de 4,5 milliers d'habitants-équivalents, localisé à Saint-Jean-de-Maurienne.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

- I.Ac₂ : à 5 kilomètres en aval de Saint-Jean-de-Maurienne, au pont dit de La Madeleine reliant les routes D. 74 et N. 6. Cinq prélèvements ont été faits (analyses n° 370 à 374).

- I.Ac₁ : 3 à 4 kilomètres en amont du confluent avec l'Isère, au pont d'Aiton. Quelques kilomètres en amont, à Randens, l'Arc a reçu une partie des eaux de la haute Isère, détournées par l'E.D.F. ; ceci dilue la pollution (ou ce qu'il en reste) accumulée dans l'Arc depuis Modane. On ne peut donc vraiment comparer les qualités de l'Arc en I.Ac₂ et I.Ac₁ pour juger de l'auto-épuration de la rivière ; le dernier point de prélèvements n'a d'intérêt que pour apprécier finalement la qualité des eaux qui, quelque soit leur provenance, rejoignent l'Isère au Pont Royal. Cinq échantillons ont été recueillis en ce point (analyses n° 375 à 379).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

Les D.B.O., en aval de Saint-Jean-de-Maurienne, sont généralement peu élevées ; un seul résultat dépasse 4 mg/l, 8 mg/l dans l'échantillon du 22 juin 1964 (analyse n° 372). Au pont d'Aiton, il en est de même. Le résultat élevé (15 mg/l) correspond également à l'échantillon prélevé le 22 juin 1964 (analyse n° 377).

L'oxygénation est généralement bonne, sauf dans les deux échantillons où les D.B.O. sont élevées.

L'oxydabilité au permanganate est généralement faible. Cependant, par 3 fois, elle fut trouvée supérieure à 3,5 mg/l (mais inférieure à 6 mg/l), dans des échantillons d'ailleurs où les D.B.O. étaient basses.

Les matières en suspension sont importantes en aval de Saint-Jean : 4 fois sur 5, elles sont égales ou supérieures à 50 mg/l, mais la "perte au feu", considérée comme organique, ne dépassa jamais 31 mg/l quand elle fut déterminée. A Aiton, cependant, malgré le débit plus grand, elles varient entre 27 et 92 mg/l, la fraction "organique" demeurant toujours inférieure à 30 mg/l. L'importance des matières en suspension semble fiable, plus aux qualités érosives de l'Arc qu'à sa pollution.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Nos résultats analytiques sont difficiles à interpréter et il n'est pas aisé de définir, dans la composition chimique de l'Arc, la part de l'état naturel et de la pollution.

La résistivité varie de 1.100 à 2.500 ohm/cm. Les alcalino-terreux et les sulfates sont les éléments déterminants ; leurs variations sont généralement concomitantes ; mais ce caractère est moins net que pour le Doron et l'Arly, si bien qu'on peut admettre l'intervention d'un facteur de pollution. Le T.A.C., analogue aux T.A.C. des autres affluents de l'Isère supérieur, est relativement régulier. Il reste voisin de 10 degrés, sauf dans l'analyse n° 379 où il atteint 15 degrés.

Les chlorures, les sels de sodium, les nitrates, sont toujours présents à des taux bas, les nitrites à l'état de traces. En dehors des fluorures, qui approchent parfois des taux légalement admis comme tolérables dans les eaux d'alimentation, il n'a pas été trouvé d'éléments considérés comme toxiques ou indésirables, ni de détergents à doses notables.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Généralement importante, elle est parfois plus minime au pont d'Aiton (analyse n° 379, par exemple). A une exception près, les "coliformes" dépassent la concentration de 5.000 germes pour 100 ml. Les *escherichia coli* dépassent également cette concentration en aval de Saint-Jean, et se maintiennent entre 1.000 et 3.000 germes pour 100 ml à Aiton. Les streptocoques fécaux sont toujours moins nombreux.

F) CONCLUSION.-

Parmi les quelques problèmes soulevés par cette étude sommaire de l'Arc, celui de la pollution organique est le plus intéressant. Les calculs théoriques du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône conduisent à estimer la D.B.O. à 6 mg/l pour un débit d'étiage de 15 m³/seconde. Nous savons que la dilution de la charge théorique, dans un débit plus important, ne permet pas de calculer exactement le devenir de la D.B.O. pour un tel débit : la

rivière possède toujours une D.B.O. propre, et il est rare de constater des D.B.O. inférieures à 1,5 ou 1 mg/l. Nous savons, d'autre part, que les crues amènent un supplément de charge organique dans la rivière, favorisant l'augmentation de la D.B.O. Mais ces notions n'expliquent pas qu'en juin, en aval de Saint-Jean, on ait une D.B.O. de 8 mg/l, alors que l'Arc n'excédait le débit moyen (45 m³/seconde) que dans des proportions raisonnables (60 m³/seconde, ce jour-là ; analyse n° 372). Le même jour, à Aiton, la D.B.O. était de 15 mg/l pour un débit de 100 m³/seconde. Tout se passait comme si un rejet exceptionnel avait pollué la rivière et si nous avions prélevé notre échantillon à Aiton dans une tranche de rivière plus souillée que la tranche analysée par notre prélèvement de Saint-Jean.

Ces résultats de juin ne peuvent qu'attirer l'attention dans le cas d'une étude détaillée de la pollution de l'Arc ; étant donné leur caractère exceptionnel, ils ne doivent pas, à notre avis, être pris en considération pour la démonstration d'une pollution normale de la rivière.

- DRAC ET ROMANCHE -

A) GENERALITES.-

Les bassins du Drac et de la Romanche correspondent aux bassins versants n° 17 et 18 du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. Cependant, toute comparaison est difficile entre ce rapport et nos résultats, car ces derniers n'ont constitué qu'un sondage : le même jour, trois prélèvements sur le cours inférieur de la Romanche, et trois sur le cours inférieur du Drac ; les renseignements fournis n'ont d'intérêt qu'en ce qui concerne la composition chimique de ces rivières et ne sauraient, en aucune façon, constituer une indication générale sur leur degré de pollution. La vallée inférieure de la Romanche, dès Livet, est fortement industrialisée ; il en est de même du Drac entre Pont-de-Claix et Grenoble.

Le bassin de la Romanche représente une charge polluante totale de 98 milliers d'habitants-équivalents ; aucune augmentation n'est prévue pour 1985. La D.B.O. résultant de cette charge devrait, pour un débit d'étiage de 12,5 m³/seconde, être de 4,7 mg/l.

Le Drac est une rivière beaucoup plus importante que la Romanche, puisque son débit moyen est environ 3 fois supérieur, mais il est aussi torrentiel et aussi irrégulier ; son débit d'étiage est bas. L'estimation de la pollution, à l'étiage, par le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône est forte : 35 mg/l. Mais toute une partie de l'agglomération grenobloise est englobée dans ce bassin ; or, ces pollutions ne peuvent polluer la rivière que dans les dernières centaines de mètres de son parcours : elles intéressent donc plus l'Isère inférieure que le Drac lui-même.

Indépendamment de la notion de quantité, la notion de qualité est essentielle. Dans la zone industrielle de Pont-de-Claix, divers rapports signalent le rejet, au cours des années passées, de phénol. C'est donc moins l'importance que la nature de la pollution qui serait inquiétante dans cette zone.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

Sur la Romanche, les prélèvements ont été effectués dans le cours inférieur :

- I.Ro₃ : en aval de Séchilienne, quelques kilomètres en amont de Vizille (analyse n° 380).
- I.Ro₂ : quelques centaines de mètres en aval de Vizille (analyse n° 381).
- I.Ro₁ : du pont de la route N.529, quelques centaines de mètres en amont du confluent de la Romanche et du Drac (analyse n° 382).

Sur le Drac :

- I.Dr₃ : du pont de la route D. 63 reliant les routes N. 75 et N. 529, entre Vif et Saint-Georges.
- I.Dr₂ : du pont de la route N. 75, à Pont-de-Claix, en amont des

déversements industriels les plus importants (analyse n° 384).

- I.Dr₁ : de la rive, à l'aplomb de Seyssins, 4 kilomètres en aval du point précédent (analyse n° 385).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

Toutes les mesures de *D.B.O.* sont inférieures ou égales à 3 mg/l. Par contre, sauf dans le prélèvement amont de la Romanche, *les oxydabilités au permanganate* sont relativement élevées. *Les matières en suspension* sont, le plus souvent, peu abondantes ; sur le Drac, elles sont essentiellement de nature minérale. *L'oxygénation* est partout correcte.

Nous ne tirons aucune conclusion de résultats aussi peu nombreux.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

La Romanche voit sa minéralisation augmenter d'amont en aval. Cette augmentation résulte, entre I.Ro₃ et I.Ro₂, d'une teneur plus grande en sulfates et en sels alcalino-terreux : cette modification résulte-t-elle d'une pollution industrielle ou du déversement des lacs de Laffrey ? L'absence de connaissances sur la composition de leurs eaux et sur le débit de leurs déversements interdit toute conclusion. Par contre, l'augmentation du T.H. et des chlorures entre I.Ro₂ et I.Ro₁ (très proches l'un de l'autre, ce qui exclut toute cause d'erreur importante due à la vitesse d'écoulement de la rivière) est certainement due à des pollutions dans un secteur où toute arrivée importante d'eau n'est qu'industrielle : du chlore libre a d'ailleurs été trouvé en I.Ro₃.

Le Drac est peu minéralisé en amont de Pont-de-Claix ; il est cependant riche en sulfates. En aval de cette ville, si le T.H. demeure constant, on note une augmentation très nette des chlorures, plus faible des sulfates, et un abaissement du T.A.C. Ces modifications entraînent une baisse nette du pH qui, de 8,1, s'abaisse à 7,1.

Il n'a pas été trouvé de toxiques dans ces quelques prélèvements.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Modérée aux deux points de prélèvements amont de la Romanche, elle est nulle en aval : la présence de chlore libre dans la rivière, en cet endroit, explique le résultat (nos flacons de prélèvements bactériologiques pour les analyses de rivières ne contiennent pas d'hyposulfite de sodium).

La pollution du Drac est très faible, presque nulle au prélèvement le plus en amont. Très modérée à Pont-de-Claix, avant d'ailleurs les déversements de cette cité, elle diminue encore en aval : la pollution de la ville est essentiellement industrielle, chimique ; il est possible que ces déversements aient joué un rôle anti-bactérien.

F) CONCLUSION.-

Les indications que nous avons pu tirer de nos examens sont peu nombreuses. Nous n'avions pas l'intention d'étudier les problèmes de pollution de ces rivières, et notre but était plutôt de vérifier leur composition chimique naturelle afin d'expliquer éventuellement la composition de l'Isère en aval.

- HERBASSE -

A) GENERALITES.-

Cette rivière prend naissance dans le plateau de Chambarand. Ses caractères sont donc très différents des affluents de l'Isère étudiés jusqu'ici, et se rapprochent de ceux des affluents du Rhône, en aval de Vienne. Aucune station de jaugeage ne permet d'en contrôler le débit.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

Les prélèvements furent tous effectués du pont de la N. 532, à "Pont de l'Herbasse" : I.He ; quatre échantillons furent étudiés (analyses n° 386 à 389), dont un par une analyse complète.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

D'une manière générale, les *D.B.O.*, *oxydabilité au permanganate et matières en suspension*, sont le propre d'une rivière d'excellente qualité.

Cependant, en mars (analyse n° 388), on note une *D.B.O.* plus élevée et, surtout, des matières en suspension d'une extrême abondance : la très grande majorité d'ailleurs était de nature "minérale". Une crue de la rivière, non précisée en l'absence de débit connu mais que l'on pouvait juger importante, explique ces résultats.

En temps normal, l'Herbasse apparaît comme très faiblement polluée.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

La minéralisation de l'Herbasse est moyenne ; sa résistivité est de l'ordre de 2.500 ohm/cm (sauf au moment de la crue où elle atteignait 4.000 ohm/cm) ; sa constitution, essentiellement bicarbonatée calcique, est analogue à celle de la Galaure.

Pas un toxique n'a été décelé dans l'analyse complète effectuée en juin.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Elle a été considérable, les 3 fois où elle fut recherchée : des habitations (restaurants), il est vrai, bordent l'Herbasse peu avant le point de prélèvements.

F) CONCLUSION.-

Il s'agit d'une rivière de plaine, de pollution organique normalement faible, et dont la pollution bactérienne constatée a probablement une cause locale.

- ISERE -

A) GENERALITES.-

Le vaste bassin de l'Isère (plus de 11.000 km²) s'étend des Alpes au Rhône ; il est parcouru par des rivières de caractères très divers. L'Isère, qui rassemble leurs eaux, est un important cours d'eau de débit moyen annuel de 175 m³/seconde en amont de Grenoble (pour la période de 1960 à 1963) et de 330 m³/seconde en amont du confluent avec le Rhône. La variété des affluents permet une régularité assez grande du débit : les rapports entre les débits moyens mensuels les plus forts et les plus faibles varient de 2,5 à 3,5, selon les stations de jaugeage, entre Grenoble (amont du confluent avec le Drac) et Pont-de-l'Isère.

Le long de cette rivière, les agglomérations et industries sont nombreuses et localisées plus particulièrement en Tarentaise, autour de Moutiers (depuis Aime jusqu'à N.-D. de Briançon, on trouve des industries chimiques et métallurgiques, des aciéries, des tanneries, des carrières, etc...), à Albertville, dans le Grésivaudan (papeteries), à Grenoble ; en aval de cette ville, le peuplement est moins dense : Saint-Marcellin, Romans, Bourg-de-Péage, sont les centres principaux.

Le développement urbain et industriel devrait être considérable d'ici 1985 : pratiquement, toute la vallée de l'Isère entre Voiron et Montmélian peut être considérée comme une zone d'implantation industrielle et urbaine. De ce fait, la pollution déversée dans l'Isère est considérable. Selon les indications du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône, il est possible de l'estimer en certains points de parcours de la rivière ; c'est ainsi que :

a) - *Avant le confluent de l'Arc*, l'ensemble des pollutions rassemblées théoriquement dans l'Isère représentent une charge polluante de 192 milliers d'habitants-équivalents, dont 135 d'origine industrielle. Les prévisions d'augmentation pour 1985 sont d'ailleurs faibles : 30 milliers d'habitants-équivalents, dont 11 d'origine industrielle (10 pour la zone d'Albertville, 1 pour Moutiers).

b) - *Du confluent de l'Arc à l'amont de Grenoble*, la charge polluante industrielle est susceptible de doubler d'ici 1985 : les zones de développement prévues sont la région de Montmélian (137 milliers d'habitants-équivalents) et celle de Pontcharra (108 milliers). Le total des pollutions reçues par l'Isère et ses affluents depuis la zone précédente est de 477 milliers d'habitants-équivalents (768 en 1985, selon les prévisions).

c) - *A Grenoble*, la seule pollution industrielle est susceptible d'augmenter d'environ 500 milliers d'habitants-équivalents ; au total, la pollution de Grenoble et du bassin du Drac se déversant dans l'Isère à Grenoble représentait près de 600 milliers d'habitants-équivalents en 1962, et dépassera sans doute 1.250 milliers d'habitants-équivalents en 1985.

d) - *De Grenoble à Romans*, la charge actuelle d'environ 350 milliers d'habitants-équivalents, dont la moitié est de nature industrielle, sera portée à plus de 1.300 milliers d'habitants-équivalents, conséquence du développement de la zone Moirans-Voreppe (900 milliers d'habitants-équivalents) et, très accessoirement, des centres de Saint-Marcellin et de Romans.

Nous essayerons, au cours de notre exposé, d'indiquer l'influence théorique de ces pollutions sur la D.B.O. de l'Isère et de vérifier la concordance avec les résultats expérimentaux.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS - RYTHME DES ANALYSES.-

- I₇ : à Moutiers, du vieux pont, à côté de l'évêché. Quatre analyses complètes furent faites (n° 390 à 393).

- I₆ : du pont de Grézy, peu avant le confluent de l'Arc. Quatre analyses complètes furent également faites (n° 394 à 397).

- I₅ : du pont de la route N. 512, entre Grenoble et La Tronche. Cinq analyses complètes furent faites (n° 398 à 402).

- I₄ : du pont de Veurey, 14 kilomètres en aval de I₅ et 8 kilomètres en aval du confluent de l'Isère et du Drac. Douze analyses complètes furent faites en 1964 (n° 403 à 414).

- I₃ : du pont Neuf, à Romans, Deux analyses furent faites, dont une complète (n° 415 et 416).

- I₂ : du pont du barrage de Châteauneuf, sur la route D. 67. Une seule analyse fut faite en janvier (n° 417) et, par la suite, ce point fut remplacé par le point suivant.

- I₁ : du pont de la N. 7, à Pont-de-l'Isère, 2 kilomètres en amont du confluent du Rhône. Dix analyses furent faites (n° 418 à 427), toutes complètes.

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

1° - COURS SUPÉRIEUR : AMONT DE GRENOBLE.

a) - Etude de la D.B.O. : comparaison entre les données théoriques et pratiques :

- A Moutiers, la D.B.O. est toujours très faible, inférieure à 3,5, et l'oxygénation est excellente.

- Au Pont de Grézy, elle atteint une fois 5 mg/l ; les trois autres fois, elle se maintient à 2 mg/l ou au-dessous. Les variations de pollution peuvent être très grandes, car l'écoulement normal des rivières dans toute cette région est perturbé par les barrages et conduites forcées de l'E.D.F. : les modifications brutales de débit et le déversement d'une eau pure et oxygénée dans une rivière souillée peuvent faciliter dans de grandes proportions l'auto-épuration. Quoiqu'il en soit, les 192 milliers d'habitants-équivalents, constituant la charge en ce point pour un débit d'étiage de l'Isère estimé à 90 m³/seconde, représentent une D.B.O. légèrement supérieure à 1 ; mais le débit est très souvent inférieur au débit d'étiage indiqué ci-dessus, en raison des aménagements hydro-électriques. Nous n'avons eu qu'une fois connaissance de ce débit (analyse n° 396) : il était de 22 m³/seconde, ce qui, théoriquement, devrait élever la D.B.O. à plus de 4 mg/l ; dans l'échantillon correspondant, nous l'avons trouvée à 1,6 mg/l.

- *En amont de Grenoble, à La Tronche*, les comparaisons sont plus faciles : l'eau empruntée à l'Isère ou à ses affluents lui est toute restituée. Le débit d'étiage, estimé à 104 m³/seconde par le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône, peut être donc considéré comme valable. Pour un tel débit, la totalité des pollutions déversées en amont de Grenoble (voir tableau n° 30) amènerait une D.B.O. de 3,8 mg/l (celle-ci étant susceptible de passer, en 1985, à près de 6 mg/l).

Les D.B.O. que nous avons trouvées sont 3 fois supérieures à ce taux théorique (25, 6, 5 mg/l) bien que, du fait de l'auto-épuration, elles auraient dû être inférieures ; il est possible que les prélèvements effectués dans une zone urbaine, en aval de déversements d'égouts, dénotent une pollution parfois particulièrement abondante, mais d'origine essentiellement locale.

Dans les deux autres prélèvements, il ne fut trouvé que des D.B.O. très basses (2 et 3 mg/l) : cette irrégularité confirme l'hypothèse de causes locales pour les contaminations précédentes.

b) - Autres indices de pollution :

Les oxydabilités au permanganate sont, dans l'ensemble, faibles à Moutiers et au pont de Grézy, mais nettement plus élevées à La Tronche.

Les matières en suspension sont, à une exception près, inférieures à 50 mg/l aux deux premières stations de prélèvements, alors qu'elles sont toujours supérieures à ce taux à La Tronche. Elles sont d'ailleurs, en grande partie, d'origine minérale : ceci ne saurait surprendre, l'Isère recevant dans cette vallée étroite de multiples affluents de caractère torrentiel et de pouvoir érosif important.

2° - COURS INFÉRIEUR : AVAL DE GRENOBLE.

a) - Etude de la D.B.O. : comparaison entre les données théoriques et pratiques :

- *Au pont de Veurey*, en aval de Grenoble, la moyenne des 12 mesures de D.B.O., en 1964, est de 7,5 mg/l pour un débit moyen de 213 m³/seconde.

Mais, parmi ces 12 résultats, il en est 2 anormalement élevés (20 et 25 mg/l) et 2 anormalement bas (ces deux derniers correspondant aux mois de vacances). En calculant la moyenne des 8 résultats restant, on obtient une D.B.O. de 5,2 mg/l pour un débit moyen de 213 m³/seconde.

La D.B.O. théorique, calculée pour un débit de 125 m³/seconde, est de 6,1 mg/l. Pour un débit de 213 m³/seconde, elle devrait être de 3,6 mg/l.

Ainsi, de toute façon, la pollution observée est soit du même ordre, soit plus forte, que la D.B.O. statistiquement prévue.

- *A Romans*, dans les deux échantillons prélevés, les D.B.O. étaient basses : 2,5 et 3 mg/l.

- *En amont du Rhône*, la D.B.O. théorique diminue comme le montre le tableau n° 30 : de 6,1 à Veurey, elle tombe à 5,5 mg/l en aval du bassin de l'Isère ; ce résultat, ne faisant pas intervenir l'auto-épuration, peut

paraître surprenant. En réalité, les calculs, à Veurey, sont établis par le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône pour le débit moyen mensuel le plus bas (125 m³/seconde) de l'année 1962, alors que ceux de l'aval du bassin sont établis pour le débit moyen mensuel le plus bas de l'année 1959 (175 m³/seconde). Il est fort probable que, la même année, les débits d'étiage aient été les mêmes, car, entre Veurey et le Rhône, l'Isère ne reçoit que de petits affluents qui paraissent bien incapables de lui fournir 50 m³/seconde d'eau. D'ailleurs, les débits moyens annuels à Veurey, en 1962, et à Pizanon, en 1959, sont très proches : 325 et 328 m³/seconde. La diminution théorique de la D.B.O., entre Veurey et l'aval du bassin, résulte simplement de la confrontation injustifiée des deux seuls chiffres que nous possédions et qui, en réalité, ne sont pas comparables : ramenée au débit d'étiage de Veurey (125 m³/seconde), la pollution, en aval du bassin, correspond à une D.B.O. de 7,8 mg/litre.

Quoiqu'il en soit, nous constatons que la moyenne des 17 résultats de D.B.O. à I₁ ou I₂ est de 2,6 mg/l. La moyenne des débits correspondant aux prélèvements étant en I₂ de 255 m³/seconde, la D.B.O. moyenne corrigée pour le débit de 175 m³/seconde s'établit à 3,8 mg/l et, pour le débit de 125 m³/seconde, à 5,3 mg/l : de toute façon, la D.B.O. telle qu'elle résulte de nos mesures est de 2 mg/l environ inférieure à la D.B.O. théorique.

Les calculs de D.B.O. en fonction de l'étiage n'ont d'ailleurs qu'un intérêt variable : grand pour les D.B.O. très fortes, il est nul pour les D.B.O. moyennes ou basses, car dans ce cas, nous avons déjà insisté sur ce point, les crues qui diluent les rivières font augmenter les D.B.O. C'est ainsi que les deux seuls résultats supérieurs à 2,5 mg/l, à Pont-de-l'Isère (soit 4 et 3 mg/l), correspondent aux débits les plus forts (630 et 345 m³/seconde).

Ainsi, en dépit de l'importance des pollutions organiques antérieures, l'Isère rejette dans le Rhône des eaux très épurées.

b) - Autres indices de pollution :

Les oxydabilités au permanganate de potassium, à froid, sont bien entendu toujours variables. La moyenne, à Veurey, est de 3,3 mg/l, elle tombe à 1,5 mg/l en aval du bassin.

Les matières en suspension, à Veurey, sont en moyenne élevées : 119 mg/l. Deux résultats, il est vrai, dépassent nettement les autres (analyses n° 404 et 408) : 266 et 594 mg/l. Même en les négligeant, la moyenne s'élève à 58 mg/l. En aval du bassin, la moyenne n'est plus que de 25 mg/l. En excluant un résultat nettement plus élevé (114 mg/l), cette moyenne tombe à 18 mg/l. Il semble que les barrages qui se succèdent entre Veurey et le Rhône aient une influence bienfaisante.

La part, dite organique, (en réalité, la "perte au feu") de ces matières en suspension est faible : à Veurey (sauf dans le prélèvement n° 406 où, le total atteignant 600 mg/l, la perte au feu est de 130 mg/l), le taux n'en dépasse jamais 50 mg/l et demeure généralement inférieur à 20 mg/l.

En aval du bassin, cette "perte au feu" ne dépasse jamais 25 mg/l et, le plus souvent, reste inférieure à 18 mg/l.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

1° - COURS SUPÉRIEUR : AMONT DE GRENOBLE.

A Moutiers et à Grenoble, la composition chimique de l'Isère est assez constante et, en ces deux points, voisine. Par contre, au Pont de Grézy, la composition est légèrement différente.

- A Moutiers, dans les quatre échantillons prélevés, la résistivité est voisine de 2.000 ohm/cm. Le T.A.C. demeure pratiquement constant à 10 degrés français environ. Par contre, T.H. et sulfates sont sujets à des variations plus amples et souvent concomitantes : la rivière est essentiellement sulfatée calcique. Les autres éléments, notamment les chlorures et les sels de sodium, jouent un rôle minime.

Cette composition ne saurait nous étonner : nous l'avons constatée dans le Doron, l'Arly et l'Arc. Nous avons discuté de l'origine des sulfates ; dans le cas de l'Arly, leur abondance en amont d'Ugine exclut l'origine industrielle. Il est probable qu'il en est de même dans les autres cas : des analyses, pratiquées il y a quelques années dans le lac de Tignes, dans la vallée supérieure de l'Isère, ont montré leur présence en grande quantité.

- Au Pont de Grézy, la résistivité augmente : trois fois sur quatre, elle est supérieure de 1.000 ohm/cm au moins à la résistivité trouvée à Moutiers. Si les T.A.C. sont du même ordre, les T.H. et les sulfates ne sont retrouvés qu'en bien moindre quantité ; nous avons vu en effet qu'une partie importante des eaux de l'Isère est détournée dans l'Arc, en aval de Moutiers, et que, de ce fait, en aval d'Ugine, la rivière est constituée en grande partie par des eaux de composition différente souvent pauvres en sulfates, comme celles de la Chaize ; seul l'Arly amène une notable quantité de cet anion. Les autres éléments, notamment les chlorures et les sels de sodium, sont en quantité toujours faible.

- A Grenoble, les eaux de l'Isère supérieure ont, en même temps que celles de l'Arc, rejoint le lit de la rivière ; à nouveau, l'Isère est riche en sulfates et en alcalino-terreux. La résistivité s'abaisse et ne dépasse que rarement 2.000 à 2.100 ohm/cm.

Les éléments toxiques ou indésirables n'ont été trouvés, dans ce cours supérieur, qu'en très faible quantité ou, plus généralement, ne l'ont pas été.

2° - COURS INFÉRIEUR : AVAL DE GRENOBLE.

- A Veurey, premier point de prélèvements en aval de Grenoble, la composition de l'Isère s'est modifiée par rapport à ce qu'elle était à La Tronche : si la résistivité n'a pas considérablement changé (variations de 1.660 à 1.870 ohm/cm, au lieu de 1.820 à 2.530 à La Tronche), de même que le T.A.C. (9 à 13,7 degrés, au lieu de 9 à 12 à La Tronche), par contre, le T.H. a très nettement diminué (variations de 18 à 26,8 degrés, au lieu de 23,2 à 31 degrés à La Tronche) ainsi que les sulfates (variations de 85,9 à 158,4 mg/l, au lieu de 141 à 181 mg/l à La Tronche). Les chlorures sont

parfois plus élevés (6,7 à 31 mg/l, au lieu de 12,8 à 17,5 mg/l à La Tronche) ainsi que les sels de sodium (7,4 à 22 mg/l de Na^+ , au lieu de 7,8 à 10,6 mg/l à La Tronche).

On peut se demander si ces modifications proviennent d'un rejet direct de certains éléments dans l'Isère, ou simplement du mélange des eaux de cette rivière et de celles du Drac.

Le tableau suivant compare les moyennes des débits, résistivités, T.H., SO_4^{--} , Cl^- , obtenues à partir des cinq prélèvements de La Tronche et des cinq prélèvements correspondants à Veurey. En tenant compte de ces moyennes, nous avons reconstitué (sur la dernière ligne) la composition moyenne que devrait avoir le Drac, si la composition de Veurey ne résultait que du mélange de l'Isère et du Drac sans apport nouveau.

	Débit	Résistivité	T.H.	T.A.C.	SO_4^{--}	Cl^-
	m3/sec.	ohm/cm	degrés français	degrés français	mg/l	mg/l
I ₅ - Isère à La Tronche	120	2.140	26,5	10,4	159	10,7
I ₄ - Isère à Veurey....	200	2.220	22,2	10,6	114,9	13,5
I.Dr ₁ - Drac.....	80	2.350	16	11	48	17,8

Si l'on compare ces résultats présumés du Drac avec l'unique analyse (n° 385) que nous avons de cette rivière, nous voyons pour les chlorures et les sulfates une bonne correspondance. Par contre, la résistivité était, le jour de notre prélèvement, plus élevée, alors que le T.A.C. et le T.H. étaient plus faibles. Ces examens seront à reprendre systématiquement selon cette méthode, mais il semble que la modification des éléments entre l'amont et l'aval de l'Isère soit en grande partie la conséquence de l'apport des eaux du Drac.

A Pont-de-l'Isère, les modifications portent essentiellement sur les sulfates et chlorures, en diminution, ces anions étant partiellement remplacés par des bicarbonates (voir tableau n° 31).

Les affluents qui ont rejoint l'Isère proviennent en effet, soit du plateau de Chambarand comme l'Herbasse, soit du Vercors (aucun n'a été analysé) ; l'Herbasse et, très probablement, les affluents du Vercors sont beaucoup plus exclusivement du type bicarbonaté calcique que ne l'est l'Isère à Veurey.

Les éléments toxiques ou indésirables sont peu abondants. A Veurey, 4 fois sur 12 on a trouvé du fer, à dose généralement minime, et 2 fois du manganèse, dans les mêmes proportions. On a, fait plus grave, trouvé une fois du chrome 2 fois du zinc, à dose notable. Sur trois recherches de détergents, deux ont donné des résultats assez nettement élevés (0,380 et 0,450 mg/l).

A Pont-de-l'Isère par contre, il n'a été retrouvé comme éléments notables qu'une fois du zinc, aux mêmes doses qu'à Veurey et, une fois, à l'état de traces, du selenium. Par contre, les détergents, recherchés le plus souvent, n'ont été mis en évidence qu'en très petite quantité.

TABEAU 31 : Moyennes et variations extrêmes
de quelques éléments de l'Isère, à Veurey et Pont-de-l'Isère

	DEBIT	RESIS-	T.H.	T.A.C.	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻
	m ³ /sec.	TIVITE	degrés	degrés	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
		phm/cm	fran-	fran-						
			çais	çais						
	M O Y E N N E S									
I ₄ - Veurey.....	214	2.200	22,9	10,7	15,2	120,3	11,5	0,14	0,07	1,07
I ₁ - Pont-de-l'Isère..	254	2.440	22,1	12,2	8,5	103,0	9,0	0,08	0,10	1,37
	V A R I A T I O N S : M I N I M U M E T M A X I M U M									
I ₄ - Veurey.....	130	1.870	19,1	9,0	6,7	85,9	7,4	0	0,04	0,62
	470	2.660	26,8	13,7	31,2	158,4	22,7	0,53	0,19	2,21
I ₁ - Pont-de-l'Isère..	140	1.950	17,8	9,5	1,3	76,3	6,1	0	0	0,76
	630	2.950	26,8	17,2	17,4	144,0	14,1	0,20	0,30	1,95

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Dès Moutiers, l'Isère est polluée ; en 17 cette pollution se manifeste dans deux analyses sur quatre. A Grézy, la pollution est, dans l'ensemble, encore légèrement plus élevée. Mais il faut attendre La Tronche pour constater des concentrations de 5.000 escherichia coli ou streptocoques fécaux pour 100 ml. Cette concentration est atteinte dans deux cas sur cinq.

A Veurey, l'Isère est régulièrement polluée : il est exceptionnel que les escherichia coli soient en nombre inférieur à 5.000 germes pour 100 ml et que le total des streptocoques fécaux descende au-dessous de cette concentration. Les coliformes sont toujours très nombreux. A Pont-de-l'Isère, la situation s'améliore : il arrive que les coliformes soient moins de 5.000 germes pour 100 ml ; les escherichia coli n'atteignent qu'une fois cette concentration et, 3 fois, sont en nombre inférieur à 1.000 germes pour 100 ml ; les streptocoques fécaux n'atteignent généralement pas cette concentration.

La pollution bactérienne à Grenoble a été étudiée par A. LEGER. Nous renvoyons à son travail pour une étude complète du sujet.

F) CONCLUSION.-

Jusqu'alors, nous avons comparé les pollutions organiques constatées effectivement et les pollutions calculées d'après les statistiques actuelles. Nous n'avons pas étudié l'influence possible des développements industriels et urbains tels qu'ils résultent des prévisions exposées au début de cette étude sur l'Isère.

Ces développements sont en réalité très localisés dans la région grenobloise ; la pollution totale du bassin est susceptible de doubler d'ici 1985, et plus de 80 % de cette charge supplémentaire sera rejetée dans l'Isère entre la banlieue nord-est de Grenoble et Moirans, c'est-à-dire sur une distance de 25 à 30 kilomètres.

Nous avons vu que la région où les signes de pollution sont les plus manifestes est justement celle située en aval de Grenoble. La D.B.O., déjà actuellement élevée à Veurey (moyenne supérieure à 5 mg/l), est un signe que l'Isère n'a pu, depuis Grenoble, assurer son auto-épuration. Or, d'ici 1985, la charge supplémentaire de Grenoble, de la vallée de l'Isère en aval de Montmélian et de la basse vallée du Drac, doit, selon les estimations, doubler la pollution de l'Isère en aval de Grenoble. La pollution de l'Isère à Veurey devrait donc être nettement supérieure à la pollution actuelle.

Immédiatement en aval de Veurey, la nouvelle zone industrielle de Moirans-Voreppe sera susceptible d'apporter à la rivière une pollution égale à l'ensemble de la pollution actuelle du bassin en amont de Veurey. Cette situation dangereuse implique l'épuration des pollutions nouvelles et même des actuels déversements.

7^{ème} SECTION :

LE RHONE DANS LA REGION RHONE-ALPES

Le Comité Technique de l'Eau nous a confié, fin 1963, une étude des eaux du Rhône ; elle comportait l'analyse mensuelle d'échantillons prélevés en différents points : ponts de Loyettes, Vernaison, Givors, Vienne, Sablons-Serrières et Charmes. Elle fut complétée par l'examen d'échantillons prélevés aux ponts de Chancy-Pougny, de la Balme, de Lyon (pont Poincaré et pont Pasteur), du Pouzin, de Viviers et de Pont-Saint-Esprit, et dans l'exposé des résultats nous avons tenu compte aussi des analyses des affluents de ce fleuve.

Le Rhône parcourt dans la région Rhône-Alpes environ 350 kilomètres. Il traverse des régions variées où les caractères de ses affluents, les types de pollution, sont divers. Pour faciliter cet exposé, nous avons subdivisé ce parcours en plusieurs zones, choisies d'une manière arbitraire et imposées par l'emplacement des prélèvements.

Nous distinguons :

- Une première zone : le Rhône en amont de l'agglomération lyonnaise, c'est-à-dire de la frontière suisse au pont de Loyettes, environ 135 kilomètres.

- Une deuxième zone : le Rhône dans l'agglomération lyonnaise ; du pont de Loyettes à Vienne, environ 70 kilomètres.

- Une troisième zone : le Rhône en aval de l'agglomération lyonnaise ; de Vienne à Charmes, environ 85 kilomètres.

- Une quatrième zone : le Rhône au sud de la région Rhône-Alpes ; de Charmes à Pont-Saint-Esprit, environ 70 kilomètres.

Une carte en appendice permet de préciser la position des points de prélèvements choisis, les limites des bassins versants établis par le Service de Navigation Rhône-Saône.

Pour faciliter la compréhension de ce texte, nous avons groupé à la suite de celui-ci, en quelques tableaux, différents renseignements :

- Les charges polluantes, établies en 1962 et celles estimées pour 1985, des différents bassins versants étudiés dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône (tableau n° 32).

- L'influence de ces charges polluantes sur la "D.B.O." du Rhône, aux différents points de prélèvements choisis, en fonction des débits considérés comme débit d'étiage par ce même rapport (tableau n° 33).

- Les "D.B.O." trouvées lors des analyses des échantillons et celles, théoriques, obtenues en tenant compte des débits correspondants (tableau n° 34).

- Les taux des principaux éléments chimiques en chaque point du Rhône, ainsi que ceux des affluents les plus importants (tableaux n° 35 et 36).

- RHONE EN AMONT DE L'AGGLOMERATION LYONNAISE -

A) GENERALITES.-

Nous avons limité cette zone, d'une part à la frontière franco-suisse, d'autre part au pont de Loyettes, en amont du confluent avec l'Ain.

Le Rhône parcourt un trajet d'environ 135 kilomètres dans les monts du Jura ; il reçoit d'amont en aval, l'Arve, la Valserine, les Usses, le Fier, la Leyse, qui correspondent aux bassins versants 1, 2, 5, 6, 8, établis par le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône.

Les bassins versants 4, 7, 9, de ce même rapport ne sont pas des bassins de rivières individualisées mais correspondent à des territoires axés sur le Rhône. Il traverse de petits centres industriels dont le plus important est Bellegarde, situé au début de son parcours français, en amont des barrages de Génissiat et de Seyssel.

Le débit d'étiage du Rhône, indiqué dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône, est de 170 m³/seconde au pont de Chancy-Pougny et de 240 m³/seconde au pont de Loyettes.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

- R₁₁ : au pont de Chancy, à la frontière franco-suisse : 3 prélèvements (analyses n° 429 à 431), un quatrième prélèvement a été fait au pont de Collonges (analyse n° 428).

- R₁₀ : au pont de la Balme ; le Rhône a reçu les principales rivières de cette zone : Fier, Leyse (analyses n° 432 à 435).

- R₉ : au pont de Loyettes, en amont du confluent avec l'Ain et la Bourbre : dix analyses ont été pratiquées (analyses n° 436 à 445).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

1° - D. B. O.

a) - Situation générale :

La part française de la charge polluante reçue par le Rhône entre la frontière suisse et Loyettes était, en 1962, de 762 milliers d'habitants-équivalents. Elle correspond à une D.B.O. du Rhône de 1,90 mg/l à Loyettes, pour un débit de 240 m³/seconde.

La part helvétique nous est inconnue.

Cette charge totale française et suisse se traduisant par une D.B.O. réelle de 2,8 mg/l en moyenne est donc fort bien supportée par le Rhône. Cependant, l'augmentation prévue de la charge polluante française en 1985, atteignant six fois celle de 1962, risque alors de poser des problèmes pour ce fleuve.

b) - Analyse de la situation actuelle :

La pollution actuelle du Rhône provient :

1) - *De la pollution helvétique* dont nous ne pouvons chiffrer l'importance théorique actuelle. Les prélèvements effectués en R₁₁ (soit au pont de Chancy-Pougny, soit au pont "Carnot" près de Collonges) ont une D.B.O. variant entre 2 et 4,5 mg/l. De ces quelques résultats on peut conclure que les déversements suisses ne polluent pas considérablement le Rhône.

2) - *De la pollution parvenant au Rhône par l'intermédiaire de rivières françaises* dont nous connaissons la charge polluante théorique, c'est-à-dire :

L'Arve : la pollution suisse s'ajoute à la pollution française et l'ensemble se dilue dans le Rhône dont la pollution totale est évaluée à Chancy. La part théorique française représente une D.B.O. de 0,77 mg/l.

Les Usses et la Valserine : leur charge de 87 milliers d'habitants-équivalents entraîne une augmentation théorique de la D.B.O. du Rhône de 0,24 mg/l pour un débit de 220 m³/seconde (débit d'étiage à la Balme - R₁₀). Cette influence est surestimée car l'auto-épuration détruit une grande partie de cette charge avant le confluent des Usses et de la Valserine avec le Rhône.

Le Fier et la Leysse amèneraient au Rhône une charge polluante estimée à 324 milliers d'habitants-équivalents ; elle entraîne, pour un débit du Rhône de 220 m³/seconde, une D.B.O. de 0,88 mg/l. Mais nous avons vu que les charges polluantes sont déversées dans des rivières, loin en amont de leur confluent avec le Rhône. Dans le passage du Val de Fier, alternent barrages et chutes. La Leysse se décante dans le lac du Bourget. Dans les deux cas, l'auto-épuration est importante. Les D.B.O. mesurées immédiatement en amont de leur jonction avec le Rhône ont toujours été inférieures à 3 mg/l alors que théoriquement, pour des débits d'étiage, elles devraient être de 12 et 28 mg/l. On peut donc affirmer que le Fier et le canal de Savière (déversoir du lac du Bourget) ne transmettent au Rhône que des eaux parfaitement épurées.

On peut d'ailleurs juger de la qualité du Rhône après l'apport de ces diverses rivières par les prélèvements effectués au pont de la Balme : la D.B.O. reste inférieure à 4 mg/l (résultats trop peu nombreux pour établir des moyennes).

3) - *De la pollution déversée dans le Rhône soit directement, soit par l'intermédiaire de rivières* dont nous ne connaissons pas la charge polluante théorique.

Cette pollution correspond à celle étudiée dans les bassins 4, 7 et surtout 9, du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. Actuellement, elle est très faible, 131,8 milliers d'habitants-équivalents représentant une augmentation de la D.B.O. du Rhône de 0,33 mg/l pour un débit de 240 m³/seconde (débit d'étiage en R₉).

En somme, actuellement, la charge polluante du Rhône, dans cette zone, résulte presque exclusivement de la charge qui provient de la Suisse : après un trajet de l'ordre de 135 kilomètres, on comprend que cette charge ait presque complètement disparu du fait de l'auto-épuration et que la D.B.O. moyenne à Loyettes (R₉) soit de 2,8 mg/l ; cette moyenne semble encore surestimée du fait d'un premier résultat obtenu en janvier 1965, élevé et aberrant

à 7 mg/l : provient-il d'une erreur de dosage ? Provient-il d'une pollution locale accidentelle ? Quoiqu'il en soit, même en l'incorporant dans notre moyenne, celle-ci reste basse et, en l'excluant, celle-ci s'établit à 2,5 : l'indice d'un fleuve d'excellente qualité.

c) - Etude de la situation future :

Comment est susceptible d'évoluer cette situation dans l'avenir ?

Les prévisions pour la pollution helvétique sont délicates : il semble qu'elles doivent diminuer du fait de l'installation prochaine d'une station d'épuration à Genève.

Le développement industriel important prévu à Annecy, et surtout à Chambéry, risque d'entraîner une pollution de 1.425 milliers d'habitants-équivalents : il est certain que la pollution de la Leysse n'aura aucune influence en raison de l'écran constitué par le lac du Bourget ; il est probable, mais non certain, que la pollution du Fier sera auto-épurée avant d'atteindre le Rhône.

Beaucoup plus redoutable apparaît la pollution résultant du développement d'une zone industrielle dans la région immédiatement en amont de Loyettes : à Saint-Vulbas, la pollution de ce bassin versant doit passer de 131 à 2.864 milliers d'habitants-équivalents en 1985 : charge qui entraînera une D.B.O. de plus de 6 mg/l dans les 240 m³/seconde du Rhône à l'étiage. Le risque est donc de voir la D.B.O. du Rhône en amont de Lyon dépasser 7 mg/l, taux correspondant à une qualité d'eau de rivière peu susceptible d'être utilisée comme eau de boisson. Une telle situation en amont des puits alimentant en eau la presque totalité de l'agglomération lyonnaise paraît peu souhaitable. Le danger provient d'ailleurs, en réalité moins de cette pollution organique que de la pollution chimique, parfois toxique, susceptible de l'accompagner. Du point de vue hygiène sociale, il apparaît indispensable que l'épuration de ces futurs effluents industriels soit assurée d'une façon parfaite et contrôlée avec une certaine rigueur : des exemples récents de pollution chimique, toxique, dans des rivières en amont d'agglomérations ont montré les inconvénients qui peuvent résulter d'une telle situation.

2° - OXYGÉNATION.

L'oxygénation du Rhône s'est toujours révélée excellente : 4 fois sur 18 seulement, elle est descendue au-dessous de 80 % de saturation. Ce fait explique la présence souvent constatée de salmonides dans le cours supérieur du Rhône français.

3° - OXYDABILITÉ AU PERMANGANATE.

Les 16 mesures effectuées ont toujours donné des résultats inférieurs à 1,5 mg/l d'oxygène.

4° - MATIÈRES EN SUSPENSION.

Le taux de matières en suspension dont l'origine est surtout minérale est toujours faible : il ne dépasse pas, sauf une fois, le taux de 50 mg/l. Les barrages établis sur le Rhône retiennent la plus grande partie de

ce matériel d'érosion véhiculé par le fleuve et ses affluents. Le barrage suisse de Verbois en particulier, retient la charge de gravier et sable transportée par l'Arve. Cette décantation en amont des barrages nécessite la vidange périodique de ceux-ci, vidange responsable de pollutions passagères mais néfastes cependant.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

La composition chimique du Rhône, en amont de Lyon, est constante.

D'une façon générale, le Rhône, en amont de Lyon, est un fleuve peu minéralisé (environ 3.500 ohms/cm), de pH alcalin (environ 7,9), presque exclusivement bicarbonaté calcique, ou magnésien et, accessoirement, sulfaté calcique. Les chlorures et les sels de sodium sont presque inexistants (moins de 3 mg/l en général).

Si, reprenant les résultats détaillés des analyses, on s'efforce de déterminer l'influence des affluents sur la composition chimique du Rhône, on s'aperçoit qu'elle est à peu près nulle : la composition du fleuve demeure pratiquement la même avant et après réception de ces affluents. En effet, la plupart d'entre eux ont un faible débit et leur apport ne saurait modifier l'aspect chimique du Rhône. De plus, leur composition est voisine de celle du fleuve. C'est en particulier le cas du Fier, le principal d'entre eux, dont le débit moyen est de l'ordre de 45 m³/seconde ; s'il est moins riche en sulfates que le Rhône, il est aussi pauvre en chlorures et en sels de sodium ; en fait, sa minéralisation est presque uniquement due aux bicarbonates alcalino-terreux. C'est le cas également de la Leyse et du lac du Bourget. Sous ces deux influences, le Rhône s'appauvrit légèrement en sulfates et s'enrichit faiblement en bicarbonates.

Au cours de ces prélèvements, aucun élément toxique ou indésirable n'a été décelé, sauf dans l'échantillon n° 437 où on trouve 1,3 mg de fluor. Bien qu'une vérification analytique confirme ce résultat, nous ne pensons pas que l'on puisse l'admettre sans réserve, la méthode employée étant, nous l'avons dit, sujette à des interférences ; aucune confirmation de cette pollution n'a été fournie par les autres prélèvements.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Si les "coliformes" dépassent, sauf dans un cas, le nombre de 1.000 par 100 ml, celui des *Escherichia coli* et des streptocoques fécaux est toujours inférieur.

D'une façon générale, la pollution décroît d'amont en aval : Genève ne possède pas de station d'épuration et les égouts se déversent directement dans le Rhône ; il est normal que la pollution se fasse sentir en aval de cette ville. Par contre, à la Balme et à Loyettes, la concentration de 1.000 par 100 ml n'est qu'une seule fois dépassée ; le Rhône arrive à Lyon dans un état correct du point de vue bactériologique.

- LE RHONE DANS LA TRAVERSEE DE L'AGGLOMERATION LYONNAISE -

A) GENERALITES.-

Dans ce parcours, long de 70 kilomètres, le Rhône reçoit, en aval de Loyettes, la Bourbre et l'Ain, à la sortie de Lyon, la Saône et, à Givors, le Gier ; les trois premiers affluents correspondent aux bassins versants 10, 11, 12, étudiés dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. Les bassins 13 et 14 sont axés sur le Rhône.

Celui-ci traverse les agglomérations urbaines et industrielles de Lyon, Givors et Vienne.

Le débit d'étiage indiqué par le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône est de 290 m³/seconde au pont Poincaré et de 335 m³/seconde au pont de Vienne.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

- R8 : le Rhône au pont Poincaré, à l'entrée de Lyon. Quatre prélèvements ont été effectués (analyses n° 446 à 449).

- R7 : le Rhône au pont Pasteur, à la sortie de Lyon, en amont du confluent avec la Saône et du groupe industriel de Saint-Fons. Quatre prélèvements ont été effectués (analyses n° 450 à 453).

- R6 : le Rhône au pont de Vernaison, après le confluent avec la Saône. Onze prélèvements ont été effectués (analyses n° 454 à 464).

- R5 : le Rhône à la passerelle de Givors, à Chasse. Onze prélèvements ont été effectués (analyses n° 465 à 475).

- R4 : le Rhône à Vienne. Onze prélèvements ont été effectués (analyses n° 477 à 487).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

1° - D. B. O.

a) - Situation générale :

Entre Loyettes et Vienne, le Rhône recevait théoriquement, en 1962, une charge polluante de 3.132 milliers d'habitants-équivalents apportée partiellement par des rivières où le phénomène d'auto-épuration s'était déjà fait sentir (Bourbre, Ain, Saône, Gier) mais aussi déversée directement dans le fleuve. Cependant, un fait important atténue les conséquences de cette pollution : la dilution par les eaux de la Saône entraîne une augmentation du débit d'étiage du Rhône, passant de 240 m³/seconde à Loyettes à 335 m³/seconde à Vienne.

Cette charge polluante provoque un accroissement théorique de la D.B.O. de 5,5 mg/l pour ce débit de 335 m³/seconde.

En réalité, le Rhône supporte aisément cette charge nouvelle, puisqu'à Vienne sa D.B.O. n'excède jamais 5 mg/l et demeure très souvent à des taux de 3 ou 4 mg/l, même pour des débits voisins du débit d'étiage.

Cependant, par suite du développement urbain et industriel, la charge polluante doit augmenter considérablement d'ici 1985 ; à cette époque, elle est susceptible d'être environ 2 fois et demie plus importante qu'en 1962 et d'atteindre 7.400 milliers d'habitants équivalents.

b) - Analyse de la situation actuelle :

1) - *Pollution apportée par l'Ain et la Bourbre :*

Immédiatement en aval de Loyettes, le Rhône reçoit la Bourbre et l'Ain. En réalité, ces deux rivières n'apportent au fleuve qu'une pollution faible. Celle-ci, d'après les indications du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône, devrait entraîner des augmentations de la D.B.O. du Rhône de 0,40 mg/l pour l'apport dû à la Bourbre, et de 0,11 mg/l pour celui dû à l'Ain, calculées pour un débit du Rhône de 290 m³/seconde (débit d'étiage du Rhône au pont Poincaré à Lyon). En fait, la charge polluante déversée est certainement beaucoup plus faible car la Bourbre, polluée principalement dans la région de Bourgoin, subit, en aval de cette ville, une importante auto-épuration. Nous pensons que sa pollution n'entraîne pas pour le Rhône une augmentation de plus de 0,10 à 0,15 mg/l en période d'étiage.

2) - *Pollution apportée par les déversements de la ville :*

- *Entre le pont Poincaré (R8) et le pont Pasteur (R7).* le Rhône traverse la ville de Lyon et reçoit sans épuration ses égouts. En comparant les résultats de ces deux points, on devrait estimer la charge résultant de ces apports. Les conditions de cette étude nous l'interdisent : en effet, les égouts se déversent des rives et cheminent longtemps le long de celles-ci, alors que nos prélèvements sont effectués au centre du courant.

Les quelques prélèvements du pont Pasteur ont un seul but : effectuer quelques sondages afin de déceler si le Rhône n'est pas considérablement et constamment pollué à la suite de ces déversements ; ceci n'a d'ailleurs pas été mis en évidence.

- *A la Mulatière,* le Rhône reçoit la Saône et il convient de rappeler la pollution amenée par celle-ci.

Dans notre exposé sur la Saône, nous avons conclu à une pollution organique modérée. Cette affirmation concorde avec les estimations du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. En effet, pour un débit de 35 m³/seconde considéré comme débit d'étiage (débit particulièrement bas par rapport au débit moyen), la D.B.O. résultant des pollutions déversées dans la rivière s'éleverait à 4,8 mg/l.

Quelques chiffres nous permettront de situer cette pollution par rapport à celle du Rhône :

- D.B.O. de la Saône : moyenne des mesures :

- A Belleville..... = 3,2 mg/l.
- A Collonges..... = 4,0 mg/l.
- A la Mulatière..... = 3,1 mg/l.

Sur 29 prélèvements effectués à ces emplacements, 26 correspondent à des D.B.O. égales ou inférieures à 5 mg/l.

- **D.B.O. du Rhône :**

- A Loyettes : moyenne des mesures = 2,8 mg/l. Sur 10 prélèvements, 9 correspondent à des D.B.O. égales ou inférieures à 4 mg/l.
- Au pont Poincaré et au pont Pasteur : sur 8 prélèvements, 7 correspondent à des D.B.O. égales ou inférieures à 5 mg/l.
- En aval du confluent avec la Saône, la moyenne des mesures est :
 - à Vernaison, de 3,6 mg/l ;
 - à Givors, de 3,4 mg/l ;
 - à Vienne, de 3,2 mg/l.

Sur 33 prélèvements, tous correspondent à des D.B.O. égales ou inférieures à 5 mg/l.

- **Au pont de Vernaison**, premier point de prélèvements en aval de Lyon, le Rhône s'est enrichi des eaux de la Saône, des eaux des égouts de Lyon et de sa banlieue. Pour interpréter et comparer les résultats de ces prélèvements avec ceux obtenus à Loyettes, le mélange de ces eaux doit être homogène.

Nous pensons qu'il en est ainsi pour les raisons suivantes :

- Les chlorures sont des éléments minéraux stables ; leur taux varie dans les eaux du Rhône (moins de 5 mg/l), de la Saône (de 30 à 150 mg/l et plus) et des égouts ; celui des échantillons de Vernaison, Givors et Vienne demeure presque presque constant dans chaque série mensuelle. Si une homogénéisation ne s'était pas produite, nous aurions eu peu de chance d'obtenir une telle similitude dans les résultats.

En outre, deux analyses exécutées sur les rives droite et gauche du Rhône à Givors se sont montrées semblables.

- L'étude de M. CHAMBON, en 1958, prouve qu'à Estressin, en amont de Vienne, "s'est réalisée l'homogénéité de la masse des pollutions". Or, les résultats de nos échantillons à Vernaison et à Vienne ont été similaires.

Comparées aux D.B.O. de Loyettes, les D.B.O. de Vernaison ne montrent qu'une faible augmentation : la moyenne des mesures au premier point est de 2,8 mg/l, au second de 3,6 mg/l. La modification des D.B.O., due aux pollutions lyonnaises, ne se traduit, dix kilomètres en aval du pont de la Mulatière, que par une augmentation de l'ordre du milligramme. La faible amplitude de cet accroissement résulte sans doute d'une auto-épuration active dans ce secteur, ou d'une dilution par les eaux d'une Saône moins polluées que celles du Rhône.

3) - Evolution de la pollution, de Vernaison à Vienne :

- A Vernaison (R6), la D.B.O. oscille entre 1,2 mg/l et 5 mg/l, la moyenne étant de 3,6 mg/l.
- A Givors (R5), la D.B.O. oscille entre 2 mg/l et 5 mg/l, la moyenne étant de 3,4 mg/l.
- A Vienne (R4), la D.B.O. oscille entre 2 mg/l et 5 mg/l, la moyenne étant de 3,2 mg/l.

Ces résultats sont pratiquement identiques et recoupent ceux obtenus à Estressin, en 1958, par M. CHAMBON. Il estime la D.B.O. moyenne à 3 mg/l.

Si l'on se rapporte aux critères de qualité des rivières proposées par L. COIN (voir appendice), le Rhône en aval de Lyon est un fleuve de bonne qualité. Le taux de ses D.B.O. lui permet d'être classé en deuxième catégorie.

c) - Etude de la situation future :

L'état actuel du développement humain et industriel permet au Rhône de supporter aisément la pollution organique fournie par l'agglomération lyonnaise et ses environs immédiats. En sera-t-il de même en 1985 ? Le tableau n° 32 nous montre qu'à cette époque la pollution atteindra peut-être près de 7.400 milliers d'habitants-équivalents au lieu de 3.100 actuels. Cette charge supplémentaire sera d'ailleurs presque entièrement déversée directement dans le Rhône et, de ce fait, susceptible d'entraîner une D.B.O. supplémentaire de 7,5 mg/l (pour un débit d'étiage de 335 m³/seconde à Vienne). Il est permis de redouter les conséquences d'une telle charge sur la D.B.O. du Rhône.

Il est permis également de redouter l'installation d'une future zone industrielle au sud de la Valbonne, proche de la zone industrielle de Saint-Vulbas que nous avons signalée précédemment. Une nouvelle charge de 2.000 milliers d'habitants-équivalents s'ajouterait aux 2.700 milliers d'habitants-équivalents de Saint-Vulbas. Toute influence d'auto-épuration exclue, la D.B.O. s'élèverait pour les deux zones à plus de 10 mg/l pour un débit de 240 m³/seconde.

Il est nécessaire d'insister sur les craintes formulées précédemment, exprimant la répercussion possible de cette situation sur les puits d'alimentation en eau potable de l'agglomération lyonnaise et sur la nécessité de contrôler la qualité des effluents industriels de ces zones.

2° - OXYGÉNATION.

L'oxygénation du Rhône dans cette zone est excellente. Parmi les 8 prélèvements effectués soit au pont Poincaré, soit au pont Pasteur, le pourcentage de saturation en oxygène dépasse 6 fois 90 % (les 2 autres résultats sont de 87 et 76 %).

De Vernaison à Vienne, la moyenne du taux de saturation des 33 prélèvements effectués est de 83 %. Dans les 2/3 des cas, ce taux est supérieur à 80 % et ne descend jamais au-dessous de 75 %.

3° - OXYDABILITÉ AU PERMANGANATE.

Les taux d'oxygène cédés par le permanganate sont toujours bas : inférieurs à 4 mg/l. La moyenne de ces taux est de 0,36 à Loyettes (R₉), 1,1 à Vernaison (R₆), 1,2 à Genas (R₅) et 1,1 à Vienne (R₄). Il n'y a donc pas plus de demande chimique d'oxygène importante qu'il n'y avait de demande biologique.

4° - MATIÈRES EN SUSPENSION.

Pas plus qu'à Loyettes, les taux de matières en suspension ne sont élevés dans la traversée de l'agglomération lyonnaise : aux ponts Poincaré et Pasteur, les taux sont demeurés inférieurs à 50 mg/l.

Il en est de même entre Vernaison et Vienne, sauf quelques exceptions :

- Lors des prélèvements de mars où une crue importante entraîna un taux de 65 mg à Vernaison, 60 à Givors, 66 à Vienne.

- Lors du prélèvement d'avril à Vernaison : le taux de 140 mg/l ne se retrouva plus à Givors (31 mg/l) et Vienne (25 mg/l). Ce taux élevé provenait sans doute des travaux de dragage opérés dans le fleuve pour la construction du barrage de Pierre-Bénite : il contenait d'ailleurs essentiellement des matières en suspension minérales (106 mg/l).

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Le tableau n° 33 nous permet de constater une composition chimique différente du Rhône entre Loyettes et Vienne : la résistivité baisse considérablement et le résultat le plus bas trouvé à Loyettes correspond au résultat le plus élevé trouvé à Vienne.

Cette minéralisation tient essentiellement à l'augmentation des ions Cl^- et Na^+ : la moyenne des premiers passe de 2,6 mg/l à 31,6 mg/l et la moyenne des seconds de 3,3 mg/l à 13,4 mg/l. Celle des alcalino-terreux est faible : la moyenne du T.H. passe de 15° à 19° ; celle des bicarbonates minime : la moyenne du T.A.C. s'élève de 11° à 14°. Les sulfates ont tendance à diminuer.

Ces changements importants résultent de l'apport de la Saône, rivière très minéralisée, de T.H. élevé, et surtout très chargée en chlorures de sodium par suite des déversements industriels dans la zone Rhône I. Cette pollution est d'ailleurs irrégulière et nous avons vu que, dans la Saône, les taux de chlorures varient de 13 à 249 mg/l et ceux de sodium de 7 à 101 mg/l selon nos échantillons. La Saône en amont de Lyon a un débit très irrégulier. Ceci explique le débit du Rhône plus irrégulier en aval de Lyon qu'en amont et une composition minérale, notamment en chlorures, subissant des variations plus fréquentes.

Malgré les apports organiques importants, la teneur du Rhône en éléments azotés est minime. Les taux des sels d'ammonium sont toujours égaux ou inférieurs à 0,5 mg/l, à une exception près.

En aucun cas, il n'a été trouvé d'éléments toxiques ou indésirables à des taux dépassant la limite de tolérance légale des eaux d'alimentation (excepté pour le fer et le manganèse qui, en janvier, dépassent cette limite à Givors et à Vienne). Les détergents, lorsqu'ils ont été recherchés, ont toujours été présents en faible quantité.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

A Loyettes (R9), nous avons vu que la pollution bactériologique est modérée. Les quelques prélèvements du pont Poincaré (R8) montrent des résultats analogues. Il n'en est plus de même à la sortie de Lyon et, au pont Pasteur, la concentration en *Escherichia coli* est toujours supérieure à 3.000 germes par 100 ml. Les résultats obtenus en aval sont en général du même ordre mais, dans certains échantillons, les taux d'*Escherichia coli* sont relativement bas : inférieurs ou égaux à 1.000 germes par 100 ml. Ces examens permettent de déduire que l'agglomération lyonnaise amène au Rhône une pollution bactérienne importante.

- RHONE EN AVAL DE LA REGION LYONNAISE -

A) GENERALITES.-

Ce troisième parcours, long de 85 kilomètres, s'étend de Vienne à Charmes, au sud de Valence. Le Rhône reçoit d'amont en aval, sur la rive droite, la Cance, le Doux ; sur la rive gauche, le Dolon, la Collière, la Galaure, mais surtout l'Isère qui draine les eaux des bassins versants 16, 17, 18, 19, du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. Les bassins 20 et 23 sont axés sur le Rhône.

Il borde les centres urbains et industriels du Péage-de-Roussillon, de Valence. Le débit d'étiage indique par le Service de Navigation Rhône-Saône est de 570 m³/seconde au pont de Charmes.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

- R₃ : Le Rhône, au pont de Sablons-Serrières, en aval du groupe industriel : le Péage-de-Roussillon, Saint-Alban, Saint-Maurice-l'Exil. Onze prélèvements ont été faits (analyses n° 488 à 498).

- R₂ : Le Rhône, au pont de Charmes, au niveau du barrage, en aval de Valence. Onze prélèvements ont été faits (analyses n° 499 à 509).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

1° - D. B. O.

a) - Situation générale :

Entre Vienne et Charmes, le Rhône recevait théoriquement, en 1962, une charge polluante de 2.279 milliers d'habitants-équivalents (tableau n° 32), donc inférieure à celle reçue dans le secteur précédent. Un fait essentiel est l'apport des eaux de l'Isère qui amène au Rhône, d'une part une importante masse liquide (175 m³/seconde) à l'étiage et, d'autre part, les 2/3 de la charge théorique de cette zone (1.654 milliers d'habitants-équivalents).

Cette charge polluante entraîne une augmentation théorique de la D.B.O. de 2,50 mg/l, calculée pour un débit de 570 m³/seconde (débit d'étiage à Charmes). En fait, le Rhône supporte facilement cette charge, puisqu'à la fin de ce secteur, sa D.B.O. réelle est plus faible qu'elle ne l'était à la fin du secteur précédent : 2,7 mg/l en moyenne, avec une valeur absolue maximum de 4 mg/l. Dans ce secteur, l'auto-épuration est prépondérante sur la pollution. Cependant, par suite du développement industriel, l'augmentation de la pollution est prévue importante en 1985 : elle est susceptible d'atteindre 11.000 milliers d'habitants-équivalents, c'est-à-dire 4 fois et demi celle de 1962 (tableau n° 32).

b) - Analyse de la situation :

1° - Pollution entre Vienne et Pont-de-l'Isère :

Le bassin versant n° 20 comprend les bassins réels de nombreuses petites rivières qui n'ont pas été individuellement étudiées par le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. Cependant, de notre enquête nous avons déduit que le Dolon, la Collière, n'amènent pratiquement aucune pollution ; nous avons constaté que la Gère et la Galaure étaient polluées uniquement à la fin de leurs cours et que cette pollution, d'ailleurs très faible par rapport au débit du Rhône, pouvait être considérée comme directement déversée dans celui-ci ; la Cance, réceptrice des pollutions d'Annonay, en épure la plus grande partie avant son confluent avec le Rhône.

Donc, la presque totalité des pollutions de ce bassin versant n° 20 sont déversées directement dans le fleuve. La plupart des pollutions industrielles sont actuellement rejetées dans la région du Péage-de-Roussillon. Bien que non considérables théoriquement (elles sont estimées à 252 milliers d'habitants-équivalents pour l'ensemble du bassin), leur influence semble se faire sentir : les D.B.O. à Serrières (R₃), quelques kilomètres en aval du Péage-de-Roussillon, accusent une augmentation par rapport aux D.B.O. du Rhône à Vienne (R₄) : la moyenne en est de 4 mg/l (R₃), au lieu de 3,2 mg/l (R₄) ; les valeurs de 6 mg/l et 6,5 mg/l (R₃) sont observées 3 fois sur 11 échantillons, alors qu'en amont (R₆, R₄), la valeur de 4 mg/l n'avait jamais été dépassée pour 33 déterminations.

2° - Pollution apportée par le Doux et l'Isère :

- Le Doux apporte au Rhône la pollution du bassin versant n° 15. Théoriquement (tableau n° 33), à Charmes, la D.B.O. du Rhône augmenterait de 0,03 mg/l à l'étiage : cette augmentation dérisoire est encore surestimée : pour la réaliser, le Doux devrait, à la fin de son cours, avoir une D.B.O. de 25 mg/l, valeur qui ne fut jamais révélée. Par suite de l'auto-épuration, la D.B.O. du Doux est très faible.

- L'Isère amène théoriquement au Rhône plus des 2/3 de la pollution actuelle de cette zone : 1.654 milliers d'habitants-équivalents sur 2.279, mais que reste-t-il de cette charge déversée dans le bassin de l'Isère au moment où cette rivière atteint le Rhône ? Pour un débit d'étiage de 175 m³/seconde, l'Isère, à Pont-de-l'Isère, devrait avoir une D.B.O. de 5,5 mg/l : deux fois seulement sur dix, au moment des hautes eaux, nos mesures ont dépassé 2,5 mg/l (soit 3 et 4 mg/l). Au contraire, toutes les D.B.O., obtenues pour des débits égaux ou proches de l'étiage (analyses n° 418, 426, 427), sont de 2,5 et 2 mg/l. La pollution déversée en amont a donc été complètement épurée. L'Isère apporte donc au Rhône une eau de bonne qualité.

3° - Pollution aux environs de Valence :

Cette zone correspond au bassin versant n° 23 du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône. Parmi les petites rivières de ce bassin versant non étudiées spécialement par ce rapport, nous avons examiné grossièrement la Véore et l'Ozon : elles apportent une pollution négligeable et l'on peut dire que, comme pour le bassin versant n° 20, la pollution est déversée directement dans le fleuve. Cette pollution est faible d'ailleurs actuellement : 193 milliers d'habitants-équivalents.

Les prélèvements effectués à Charmes (R₂) ont une D.B.O. moyenne faible : 2,7 mg/l. En valeur absolue, 9 échantillons sur 11 présentent des D.B.O. égales ou inférieures à 3 mg/l, les 2 autres des D.B.O. de 4 mg/l. Dans tous les cas, les D.B.O. trouvées à Charmes (R₂) sont inférieures aux D.B.O. observées à Serrières (R₃). Les prélèvements en ces deux emplacements ont toujours été pratiqués dans les mêmes 24 heures, sauf en novembre 1965.

Le Rhône recevant par l'intermédiaire de l'Isère des eaux dont la D.B.O. est plus basse, traversant en aval la région de Valence actuellement peu polluée, voit sa qualité s'améliorer nettement dans cette zone.

c) - Etude de la situation future :

Cette situation est actuellement favorable. Est-elle susceptible de se maintenir ?

L'Isère recevra, en 1985, une pollution double de celle de 1962. Nous en avons discuté dans l'étude consacrée à cette rivière et nous avons conclu que cette augmentation peut lui être néfaste dans la région de Moirans. Mais une telle pollution risquerait-elle de polluer le Rhône ? Nous ne le pensons pas : un parcours de 70 kilomètres dans une région peu industrialisée, la multiplication des barrages qui assurent la décantation de la rivière et son aération, nous semblent des raisons suffisantes pour croire à une auto-épurat ion presque totale.

Le déversement direct dans le Rhône de pollution des *bassins versants* 20 et 23 posera de nouveaux problèmes. Alors qu'à Serrières, on note déjà actuellement une valeur des D.B.O. plus élevée qu'ailleurs, cette région sera soumise, en 1985, à des déversements importants, de l'ordre de 5.000 milliers d'habitants-équivalents, provenant de l'essor des zones industrielles de Saint-Alban, Saint-Maurice-l'Exil, le Péage-de-Roussillon, Sablons, Serrières, Champagne, Saint-Rambert et Andancette. Les 5.000 milliers d'habitants-équivalents prévus entraîneront une D.B.O. supplémentaire du Rhône de 9 mg/l pour un débit de 335 m³/seconde (débit d'étiage avant le confluent avec l'Isère) et de 5,3 mg/l pour un débit de 570 m³/seconde (débit d'étiage après le confluent avec l'Isère). Vingt-cinq à cinquante kilomètres environ en aval de cette région industrielle, celles de Tournon et Valence amèneront sans doute une nouvelle charge polluante de 1.600 milliers d'habitants-équivalents, correspondant à une augmentation de D.B.O. de 1,7 mg/l pour un débit de 570 m³/seconde. Nous nous trouverons dans une situation identique à celle déjà signalée en amont de Lyon, et la nécessité d'une épuration complète des futurs effluents industriels s'imposera.

2° - OXYGÉNATION.

L'oxygénation dans cette zone demeure excellente. Peut-être peut-on discerner une légère baisse par rapport aux résultats obtenus en R₄ à Vienne. Là, la moyenne des taux de saturation en oxygène était de 83 %, avec une valeur minimum de 75 %. A Serrières (R₃), la moyenne s'abaisse à 77 % et, 3 fois, on note des taux inférieurs à 75 %. A Charmes (R₂), la moyenne demeure à 77 % mais, 4 fois, les taux sont inférieurs à 75 %.

Est-ce le résultat de l'auto-épuration qui dégrade les matières organiques en entraînant la réserve d'oxygène de la rivière ?

Est-ce la conséquence de l'augmentation de débit du fleuve ? La masse d'eau étant plus importante, l'oxygénation est plus difficile.

3° - OXYDABILITÉ AU PERMANGANATE.

Les 20 mesures réalisées tant à R₃ qu'à R₂ ont toujours été inférieures à 3 mg/l d'oxygène.

La moyenne en R₃ est de 1,22 mg/l et, en R₂, de 0,86 mg/l (à Vienne, elle était de 1,12 mg/l).

4° - MATIÈRES EN SUSPENSION.

Les taux de matières en suspension sont faibles, et plus encore à Charmes (R₂) qu'à Serrières (R₃). Ils sont toujours inférieurs à 50 mg/l en R₃ et à 25 mg/l en R₂, sauf au mois de mars, mois où le Rhône en très forte crue charriait de grandes quantités de matières en suspension essentiellement minérales.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

De même que dans l'agglomération lyonnaise, la composition chimique du Rhône subissait l'apport de la Saône ; de même, en amont de Valence, la jonction de l'Isère et du Rhône modifie la nature de ce dernier : cette modification est certes moins prononcée, car si en moyenne le débit de la Saône représente approximativement 70 % du débit du Rhône en amont de Lyon, l'Isère ne représente qu'environ 30 % du débit du Rhône avant leur confluent. En outre, la composition de l'Isère est beaucoup plus proche de celle du mélange Rhône-Saône que la composition de la Saône ne l'était de celle du Rhône, en amont de Lyon. Le caractère essentiel de cet apport est sa richesse en sulfates et sa pauvreté en chlorures. Il est également plus riche en alcalino-terreux qu'en sodium ; les modifications de la composition chimique apparaissent nettement sur les tableaux n° 34 et 35.

Notons que l'élévation de la teneur en sulfates se manifeste en amont de la jonction de l'Isère et du Rhône. La moyenne des taux de sulfates, constante de Vernaison à Vienne (32,8, 33,2, 31 mg/l, à Vernaison, Givors et Vienne), s'élève à 41 mg/l à Serrières et à 49 mg/l à Charmes. Est-ce la conséquence d'une pollution industrielle en amont de Serrières ?

Outre l'augmentation des sulfates et la baisse des chlorures, peu de changements sont à signaler concernant les autres éléments. Tout au plus, peut-on signaler des taux d'ammoniaque plus élevés en R₃ qu'en R₄ ou R₂.

Il n'a jamais été décelé d'éléments toxiques ou indésirables en quantité dépassant la limite admise pour les eaux de boisson (sauf pour le fer qui, dans certains prélèvements de R₃, a très légèrement dépassé le seuil de cette tolérance).

Les détergents ont été décelés à dose très faible.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Il ne semble pas que le Rhône, à Serrières, soit nettement plus pollué du point de vue bactériologique qu'il ne l'était à Vienne. Par contre, une amélioration très nette se dessine à Charmes : jamais le taux d'*Escherichia coli* ne dépassa 5.000 germes par 100 ml. 7 fois, il descendit à 1.000 germes par 100 ml ou au-dessous. Il égale ou dépasse 2 fois 3.000 germes par 100 ml.

- RHONE DANS LE SUD DE LA REGION RHONE-ALPES -

A) GENERALITES.-

Au sud de Valence, le parcours du Rhône, long de 70 kilomètres, est entrecoupé de barrages : barrage de Charmes, de Loriol, de Rochemaure, de Donzère, et de canaux de dérivation.

Le Rhône reçoit sur sa rive droite l'Eyrieux, l'Ardèche, correspondant aux bassins versants 21 et 24 du Service de Navigation Rhône-Saône ; sur sa rive gauche, la Drôme, correspondant au bassin versant n° 22. Le bassin versant n° 25 est un territoire axé sur le Rhône. Son débit d'étiage est de 590 m³/seconde au pont de Viviers.

B) POINTS DE PRELEVEMENTS.-

R₁ : Le Rhône, au pont de Viviers, au sud de Montélimar. Quatre prélèvements ont été effectués (analyses n° 512 à 515).

R₁^{bis} : Le Rhône, à Pont-Saint-Esprit (analyse n° 516).

C) INDICES DE POLLUTION GENERALE.-

1° - D. B. O.

a) - Situation générale :

Entre Charmes et la limite méridionale de la région Rhône-Alpes, le Rhône recevait théoriquement, en 1962, une charge polluante très faible de 425 milliers d'habitants-équivalents, apportée à peu près également par l'intermédiaire de rivières et par un déversement direct dans le fleuve.

Cette charge polluante n'entraîne théoriquement qu'une très faible augmentation de la D.B.O. : 0,42 mg/l environ pour un débit de 590 m³/seconde.

Le Rhône, peu pollué dans cette zone, continue à dégrader, par auto-épuration, les matières organiques reçues précédemment. Si bien qu'au sud de la région Rhône-Alpes la D.B.O. paraît devoir se maintenir à 3 mg/l.

b) - Analyse de la situation actuelle :

1) - Pollution due à l'Eyrieux, à la Drôme, à l'Ardèche :

Faible théoriquement, la pollution apportée par l'Eyrieux, la Drôme, l'Ardèche, est en réalité pratiquement nulle : les D.B.O. de ces rivières n'ont pas dépassé les valeurs de 2,5 mg/l pour l'Eyrieux, 3 mg/l pour la Drôme, 2 mg/l pour l'Ardèche. La pollution de ces bassins étant soit disséminée, soit loin de la vallée du Rhône, une auto-épuration complète a pu se réaliser avant que ces rivières ne fassent leur jonction avec le Rhône.

2) - Pollution du bassin versant n° 25 du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône :

La pollution de ce bassin se déverse soit directement dans le Rhône, soit par l'intermédiaire de petites rivières comme l'Ouvèze, l'Escoutay, le

Roubion, d'excellente qualité et dont la D.B.O. demeure toujours inférieure ou égale à 2,5, 2 et 3 mg/l.

Aucune charge notable ne rejoignant le Rhône dans ce secteur, il est normal que l'auto-épuration entraîne une baisse de la pollution précédemment décrite : les quatre mesures de D.B.O. pratiquées au pont de Viviers, durant l'année 1964, ont été égales ou inférieures à 3 mg/l, c'est-à-dire analogues à celles obtenues au pont de Charmes et au pont de Pouzin. Le Rhône retrouve la qualité qu'il avait en amont de Lyon.

c) - Evaluation de la pollution future :

Un développement industriel notable, moins important que dans les zones précédentes, doit cependant augmenter la charge polluante de près de 3.000 milliers d'habitants-équivalents (voir tableau n° 32). Cette pollution, pour un débit de 590 m³/seconde (débit d'étiage à Viviers) correspond à une augmentation de la D.B.O. de 3 mg/l environ. Cette charge serait facilement supportée par le fleuve actuellement. Cependant, si on considère l'importance des charges polluantes déversées en amont en 1985, il est possible que le Rhône pénètre dans cette zone avec des eaux de qualités médiocres et afin de ne pas aggraver la situation, il serait bon de rejeter au fleuve des effluents épurés.

2° - OXYGÉNATION.

Au pont de Viviers, l'oxygénation est améliorée : la moyenne des taux de saturation atteint 82 %, et aucun taux ne descend au-dessous de 77 %.

3° - OXYDABILITÉ AU PERMANGANATE.

Elle est inférieure à 1 mg/l, à Viviers (en R₁).

4° - MATIÈRES EN SUSPENSION.

Les quantités de matières en suspension, sans être élevées, sont toujours notables : elles ne dépassent pas 50 mg/l.

D) COMPOSITION CHIMIQUE.-

Entre Charmes et Viviers, le Rhône reçoit deux rivières dont les débits non négligeables permettent d'envisager une influence de leur composition sur celle du Rhône : la Drôme et l'Ardèche. Ces rivières, peu minéralisées, pauvres en chlorures et en sulfates, n'exercent pas, en réalité d'influence notable. Notons cependant que les taux des chlorures dans le Rhône, à Viviers, sont plus bas que ceux trouvés à Charmes le même jour. Les débits de l'Ardèche et de la Drôme n'étant pas connus, on ne peut interpréter ces résultats.

Dans les trois échantillons prélevés à Viviers et dans celui prélevé à Pont-Saint-Esprit, il n'a pas été décelé de toxiques ni de détergents à doses notables.

E) POLLUTION BACTERIENNE.-

Elle est très faible : les "coliformes" n'atteignant pas la concentration de 5.000 germes par 100 ml, les Escherichia coli sont toujours en quantité inférieure à 400 germes par 100 ml.

TABLEAU 32 : Charges polluantes déversées par les bassins versants étudiés dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône

(exprimées en milliers d'habitants-équivalents)

BASSINS VERSANTS	POLLUTION DOMESTIQUE		POLLUTION INDUSTRIELLE		POLLUTION TOTALE	
	1962	1985	1962	1985	1962	1985
- 1 ^{ère} ZONE : ENTRE LA SUISSE ET LOYETTES.-						
B.V.1 : Arve.....	146	239	73	198	219	437
B.V.3 : Valserine.....	20	24,5	52	112	72	136
B.V.5 : Usses.....	13,5	14	2,2	2,2	15,5	16,2
B.V.6 : Fier.....	105	174	32	182	137	356
B.V.8 : Leyse.....	112	156	75	918	187	1.074
B.V.4.....	13	18	0,2	0,2	13,2	18,2
B.V.7.....	3,6	3,8	0	0	3,6	3,8
B.V.9.....	71,5	97,5	44	2.744	115,5	2.841
TOTAL.....					762,8	4.882,2
- 2 ^{ème} ZONE : ENTRE LOYETTES ET VIENNE.-						
B.V.10 : Bourbre.....	71,5	84,5	120	126	191,5	210,5
B.V.11 : Ain.....	41,5	54	11,5	21	53	75
B.V.12 : Saône.....	182	368	98,3	500	280,3	868
B.V.13.....	772	1.060	1.088	4.000	1.860	5.060
B.V.14.....	421	690	325	495	746	1.185
TOTAL.....					3.130,8	7.398,5
- 3 ^{ème} ZONE : ENTRE VIENNE ET CHARMES.-						
B.V.19 (16, 17, 18) : Isère	655	926	951	2.611	1.606	3.537
B.V.15 : Doux.....	23	26	2,3	3	25	29
B.V.20.....	227	277	252	5.320	479	5.597
B.V.23.....	105	170	88	1.700	193	1.870
TOTAL.....					2.303	11.033
- 4 ^{ème} ZONE : ENTRE CHARMES ET VIVIERS.-						
B.V.21 : Eyrieux.....	34	40	0	0	34	40
B.V.24 : Ardèche.....	59	71	24	49	83	120
B.V.22 : Drôme.....	32	37	60	61	92	98
B.V.25.....	116	173	100	3.000	216	3.173
TOTAL.....					425	3.431
TOTAL GENERAL.....					6.621,6	26.744,7

TABLEAU 33 : Influence des charges polluantes

Indications tirées du rapport du Service de la Navigation Rhône-Saône concernant les bassins versants décrits dans ce rapport					
NUMERO DES BASSINS VERSANTS DU RAPPORT :	RIVIERES PRINCIPALES	CHARGES POLLUANTES		DEBIT D'ETIAGE DES BASSINS VERSANTS	D.B.O. D'ETIAGE EN AVAL DES BAS. VERS
		1962 MILLIERS HAB.-EQ.	RAPPORT 1985/1962	(m3/sec.)	(mg/l)
1	Arve.....	219	2	32	4,1
3	Valserine.....	72	1,90	1	43
5	Usses.....	15,5	1,06	0,5	18
6	Fier.....	137	2,65	6,6	12,3
8	Leyse (lac du Bourget).....	187	5,80	4	28
10	Bourbre.....	191,5	1,10	1	114
11	Ain.....	53	1,40	11	2,9
12	Saône.....	~~240,5~~	3,10	35	4,8
16 - 19	Isère.....	1.606	2,25	175	5,5
15	Doux.....	25	1,26	0,6	25
21	Eyrieux.....	34	1,18	1,5	13,7
22	Drôme.....	92	1,06	3,5	15,8
24	Ardèche.....	83	1,44	5,5	9
TOTAL POUR LES BASSINS VERSANTS CORRESPONDANT A UN SEUL AFFLUENT DU RHONE.....		2.995,3			
4	Rhône supérieur.....	13,2	1,31	0,6	
7	Rhône (Génissiat).....	3,6	1,05	1,6	
9	Rhône - Guier - Seran.....	115,5	24,60	4	
13	Rhône (Lyon).....	1.860	3	0,6	
14	Rhône - Gier - Garon.....	746	1,59	0,5	
20	Rhône - Gère - Dolon - Cance.....	479	11,60	7	
23	Rhône - Véore - Ozon.....	193	9,75	0,7	
25	Rhône - Roubion - Ouvèze - Escoutay.....	216	14,70	2,2	
TOTAL POUR LES BASSINS VERSANTS CORRESPONDANT A PLUSIEURS AFFLUENTS DU RHONE.....		3.626,3			
TOTAL GENERAL.....		6.621,6			
Moyennes des résultats des prélèvements.....					
D.B.O. DU RHONE (en mg/l).....		(D.B.O. maximum mesurée.....			
		(D.B.O. minimum mesurée.....			

des bassins versants sur la D.B.O. du Rhône

Influences des charges des divers bassins sur la D.B.O. du Rhône aux différents lieux de prélèvements et pour les débits d'étiage en ces lieux										
R.11	R.10	R.9	R.8	R.7	R.6	R.5	R.4	R.3	R.2	R.1
170	220	240	290			335			570	590
m ³ /sec.	m ³ /sec.	m ³ /sec.	m ³ /sec.			m ³ /sec.			m ³ /sec.	m ³ /sec.
0,77	0,60	0,55	0,45	0,45	0,39	0,39	0,39	0,39	0,23	0,22
	0,20	0,18	0,15	0,15	0,13	0,13	0,13	0,13	0,07	0,07
	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
	0,37	0,34	0,28	0,28	0,24	0,24	0,24	0,24	0,14	0,14
	0,51	0,47	0,39	0,39	0,33	0,33	0,33	0,33	0,20	0,19
			0,40	0,40	0,34	0,34	0,34	0,34	0,20	0,19
			0,11	0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	0,06	0,05
					0,50	0,50	0,50	0,50	0,30	0,28
									1,69	1,63
									0,03	0,02
										0,03
										0,09
										0,08
0,77	1,72	1,58	1,81	1,81	2,05	2,05	2,05	2,05	2,94	3,01
0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0
		0,29	0,24	0,24	0,20	0,20	0,20	0,20	0,12	0,11
				3,85	3,32	3,32	3,32	3,32	1,96	1,88
						1,33	1,33	1,33	0,79	0,75
									0,51	0,49
									0,20	0,19
										0,22
0,04	0,04	0,33	0,27	4,12	3,54	4,87	4,87	4,87	3,59	3,65
0,81	1,76	1,91	2,08	5,93	5,59	6,92	6,92	6,92	6,53	6,66
3,2	2,5	3,2	3,9	4,4	3,6	3,4	3,2	4,3	2,7	2,5
4,5	4	8	5	6	5	5	5	6,5	4	3
2	1,5	1,7	3	3	1,2	1	2	2	2	2

**TABLEAU 34 : Demandes biochimiques en oxygène théoriques
et déterminées expérimentalement**

POINTS PRELEVEMENT	DEBIT D'ETIAGE m ³ /sec	D.B.O. A L'ETIAGE	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
(1)	(2)												
R11	170	0,81		4 (3) 0,8 (4) 1,06 (5)		4,5 0,5 1,62				2 0,5 1,62		2,5 0,8 1	
R10	220	1,76		1,5 2,2 0,82		4 1,1 1,59				2 1, 1,8		2,5 1,6 1,1	
R9	240	1,91	8 2,5 0,75	4 2,8 0,67		4 1,3 1,40	3 1,3 1,48	2 0,9 2,1	1,7 1,1 1,78	2 1,4 1,35	2 0,9 1,96	2 2,1 0,88	2 2,1 0,88
R8	290	2,08		3,5 2,6 0,80		5 1,3 1,62				3 1,5 1,43		4 1,8 1,12	
R7	290	5,93		3 6,9 0,86		4 3,7 1,62				4,5 5,1 1,17		6 7,2 0,83	
R6	335	5,59	5 4,5 1,28	3 4,5 1,28	3 0,9 5,85	5 2,4 2,35	3,5 3,2 1,76	4 3,6 1,55	1,2 5 1,10	2 5,6 1,02	4,5 2,6 2,15	4,5 5,2 1,08	4 3,9 1,48
R5	335	6,92	4 5,9 1,18	3 4,6 1,52	5 1,1 6,40	4 2,9 2,4	3,5 4 1,72	2 4,8 1,45	1 6,7 1,03	4 7,3 0,96	3 3,1 2,2	4 6,4 1,1	4 4,7 1,46
R4	335	6,92	5 8,2 0,85	3,5 4,4 1,56	3 1,1 6,40	3 3 2,3	4 4 1,72	3 4,8 1,45	2 6,7 1,03	4 7,3 0,96	2 3,1 2,2	3 6,7 1,03	3,5 4,7 1,46
R3	335	6,92	6,5 5,2 1,35	6 4,4 1,56	4 1,1 6,5	4 2,8 2,5	4,5 3,8 1,82	3 4,4 1,58	2 5,8 1,2	2 5,8 1,2	3 3 2,35	6 6 1,15	4,5 4,6 1,5
R2	570	6,53	4 5,6 1,16	3 4,9 1,34	3 1,2 5,40	3 3,1 2,06	4 3,9 1,66	2 4,3 1,53	2 5,8 1,12	2 5,6 1,16	2 3,5 1,84	2,5 4,4 1,48	2,5 5,2 1,25
R1	590	6,66		3 5,2 1,29		3 3,1 2,12				2,5 6,3 1,07		2 5,8 1,14	

(1) DEBITS D'ETIAGE en m³/seconde : indications relevées dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône.

(2) DEMANDES BIOCHIMIQUES EN OXYGENE, calculées à partir des charges polluantes théoriques (tableau 32) pour les débits d'étiage (tableau 33).

(3) DEMANDES BIOCHIMIQUES EN OXYGENE DETERMINEES EXPERIMENTALEMENT.

(4) DEMANDES BIOCHIMIQUES EN OXYGENE, calculées à partir des charges polluantes théoriques (tableau 32) pour les débits correspondant à nos prélèvements.

(5) Rapport entre le débit correspondant au prélèvement et le débit d'étiage indiqué dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône.

NOTES EXPLICATIVES

CONCERNANT LES TABLEAUX N° 32 A 36

Les tableaux 32 et 33 résument l'ensemble des indications données par le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône sur la pollution théoriquement déversée dans le Rhône.

Le tableau 32 indique, par bassin versant, la répartition actuelle de cette pollution ainsi que les prévisions d'accroissement pour 1985.

Le tableau 33 exprime la répercussion des charges polluantes sur la D.B.O. des cours d'eau à l'amont du confluent avec le Rhône pour les affluents de celui-ci, aux différentes stations de prélèvement pour le fleuve lui-même. Par exemple : le bassin versant de la Bourbre (n° 10) reçoit une charge de 191,5 milliers d'habitants-équivalents, qui correspondent à une D.B.O. de 114 mg/l pour un débit de 1 m³/seconde (débit d'étiage de la rivière) ; cette charge, amenée dans le Rhône par la Bourbre, se dilue plus ou moins selon le débit du fleuve ; en amont de Lyon (R8), pour un débit d'étiage de 290 m³/seconde, elle provoque une D.B.O. de 0,40 mg/l ; à Charmes (R2), pour un débit de 570 m³/seconde, elle n'intervient plus que pour 0,20 mg/l dans la D.B.O. du Rhône en cet endroit.

Les bassins versants qui transmettent leur charge au Rhône par l'intermédiaire d'un seul affluent sont groupés en haut du tableau. Ceux qui répartissent leurs déversements dans plusieurs affluents du Rhône, ou directement dans le fleuve, sont réunis en bas du tableau.

La ligne horizontale correspondant au "total général" permet de suivre la progression théorique de la D.B.O. au fur et à mesure de l'apport de chaque bassin versant. Au-dessous de cette ligne, sont inscrites les D.B.O. du Rhône effectivement déterminées. Les différences entre les valeurs théoriques et pratiques sont ainsi faciles à constater.

Le tableau 34 permet d'approfondir cette comparaison : chaque résultat de D.B.O. est juxtaposé à la valeur théorique correspondante, qui résulte des charges théoriques et du débit réel au moment du prélèvement. L'indication du rapport entre ce débit réel et le débit considéré comme d'étiage met en évidence l'influence des variations de débit sur les relations entre les valeurs théoriques et réelles de la D.B.O.

Alors que les tableaux précédents ne se rapportent qu'aux pollutions organiques, les tableaux 35 et 36 résument la composition chimique minérale du Rhône. Le tableau 35 (page 242) indique pour chaque point de prélèvement les valeurs minima et maxima des principaux ions et, si le nombre des déterminations est suffisant, la valeur moyenne. Dans la colonne verticale de gauche, sont situés les principaux affluents entre les points de prélèvement immédiatement en aval et en amont. Le détail de la composition de ces affluents, donné par le tableau 36 (page 243), permet d'apprécier leur influence sur celle du Rhône.

TABLEAUX 35 et 36 : *Eléments physiques et chimiques*

POINTS DE PRELE- VEMENT	pH	RESIS- TIVITE ohms/cm	T.M. _u degrés français	T.A.C. _u degrés français	Cl ⁻ mg/l _u	SO ₄ ⁻⁻ mg/l _u	Na ⁺ mg/l _u	NO ₃ ⁻ mg/l _u	NO ₂ ⁻ mg/l _u	NH ⁺ mg/l _u
R11	8,05 ⁽¹⁾	3.600	15	11	3,2	53	4	1,13	0,04	0,57
Fier	7,6 ⁽²⁾	3.450	11,7	8,8	0,7	37	2,3	0,62		0,20
R10	8	3.480	16	13,5	3	43	3,9	1,19	0,11	0,03
	7,8	3.300	12	8,5	1	28	2,5	0,75	0,09	0
R9	8,05	4.045	17,6	15,2	4,6	42	4	3,01	0,19	0,29
	7,5	2.950	12,4	8,7	1,8	27	2,8	0,93	0	0
Ain	7,9 ⁽³⁾	3.470	15	11,4	2,6	36,2	3,3			
R8	8,2	4.050	18	15	3,2	42	3,4	3,40	0,11	3,7
	7,2	3.100	13	9	1,8	25	2,7	0,62	0	2,7
R7	8	3.700	18	15,2	6	48	7,2	2,66	0,12	0,57
Saône	7,8	3.120	14	10	3,5	22	5	0,16	0,04	0,16
R6	8,05	3.370	22	17	64	46	24	4,61	0,19	1,13
	7,4	1.985	16	11,5	13	16,4	8,5	0,66	0	0
	7,8	2.595	19,7	14,5	30,9	32,8	12,9			
R5	8	3.370	22,6	17,7	66	44	24,8	4,73	0,52	0,63
	7,8	1.950	16	11,0	9	22	6	0,85	0	0
	7,8	2.563	19,2	14,0	28,1	33,2	13,3			
R4	8,05	2.950	22,4	16,7	63	44	24,8	4,28	0,15	0,77
	7,3	1.865	16,6	11,0	9	14	5	1,29	0	0
	7,8	2.485	19,2	14,32	31,6	31	13,4			
R3	8,05	2.950	22	16,5	64	60	25	4,73	0,84	0,99
	7,7	1.800	17	11,5	8,1	19	9,1	0,50	0	0
Isère	7,8	2.460	19,5	14,3	29	41	14,4	2,67	0,11	0,51
R2	8	2.950	24	16,5	46	60	20	4,28	0,26	0,63
	7,2	1.815	17	10,5	7	24	5,5	2,00	0	0
Drôme Ardèche	7,7	2.490	20	13	26	49	12,6			
R1	8	2.600	21	16	23	71	14	3,54	0,14	0,70
	7,7	2.300	20	12,5	9,6	34	7,7	1,19	0,06	0

en différents points du Rhône et de ses affluents

POINTS DE PRELE- VEMENT	pH	RESIS- TIVITE ohms/cm	T.H. degrés français	T.A.C. degrés français	Cl ⁻ mg/l _e	SO ⁴⁻⁻ mg/l _e	Na ⁺ mg/l _e	NO ⁻ mg/l _e	NO ⁻ mg/l _e	NH ⁺ mg/l _e
Fier R.F11	7,7	2.920	18	18	7,8	10	5,3	0,4	0	0,5
Ain A1	8	3.280	20	20	3,2	9,6	2,3	3,54	0,06	0,32
	7,9	2.720	19,6	18	1,7	5,6	1,7	1,29	0,03	0
Saône S1	7,95	2.915	33	18,7	249	35	101	4,7	0,74	0,77
	7,55	1.030	18	14,7	13	14	7	0,62	0,05	0,17
	7,8	1.875	24	16	90	24	36			
Isère I1	7,9	2.900	27	17,2	17	144	14	1,95	0,30	0,20
	7,3	2.100	18	9,5	2,8	77	6,5	0,71	0	0
	7,7	2.450	22	11,2	9,3	103	8,9	1,24	0,20	
Drôme	8,05	3.100	18	16,2	6,7	26	6,3	5,22	0,05	0
	7,7	2.630	17,4	15,5	3,2	16	4	1,5		
Ardèche	8	6.500	14	15,2	3,5	12,7	4	1,07	0,05	0,77
	7,8	4.050	11	10,7	2,8	4,6	4,3	0,26	0	0

(1) Chiffre maximum trouvé.

(2) Chiffre minimum trouvé.

(3) Moyenne des résultats lorsque le nombre des prélèvements fut suffisant (11).

TROISIEME CHAPITRE

SYNTHESE DE NOS OBSERVATIONS

COMPARAISON DES RÉSULTATS DE NOTRE ENQUÊTE AVEC LES ESTIMATIONS THÉORIQUES DU RAPPORT DU SERVICE DE NAVIGATION RHÔNE-SAÔNE ET DE L'ATLAS DE LA POLLUTION

Ce chapitre expose les résultats de nos déterminations analytiques et les compare aux estimations théoriques de la pollution des rivières dans la région Rhône-Alpes.

Cette comparaison s'appuie d'abord sur le "Rapport du Service de Navigation Rhône-Saône". Celui-ci, d'ordre uniquement statistique, fait abstraction de toute influence non chiffrable, en particulier celle de l'auto-épuration. Elle se poursuit avec les estimations de "l'Atlas de la pollution", qui, plus synthétiques, s'inspirent également de données statistiques mais tiennent compte des influences négligées par le rapport précédent.

Cette comparaison nous permet de dresser un tableau résumé de la pollution actuelle dans la région Rhône-Alpes.

A) - COMPARAISON DE NOS RESULTATS ANALYTIQUES
AVEC LES ESTIMATIONS THEORIQUES
DU RAPPORT DU SERVICE DE NAVIGATION RHONE-SAONE.(S.N.R.S.)

Parmi les renseignements statistiques fournis par ce Rapport, certains ont trait à la pollution des cours d'eau. Dans le passage suivant, les auteurs expriment leur pensée et l'intérêt de leur travail.

"D'après ces bases⁽¹⁾ on a évalué le degré de pollution du cours d'eau en calculant la D.B.O.5 théorique en mg/l, qui résulterait de la charge polluante reçue par le cours d'eau et du débit du milieu récepteur dont la D.B.O.5 est supposée nulle ; dans ce calcul, sommaire et théorique, qui n'a pour objet que de donner des valeurs relatives de la pollution en différents points et aux deux époques 1962 et 1985, on néglige donc l'auto-épuration des cours d'eau. Pour une appréciation de la pollution réelle, il faudrait tenir compte des apports d'oxygène mais les données à ce sujet nous ont paru trop incertaines et les calculs de la charge polluante renfermant déjà une grande part d'incertitude, il ne nous a pas paru utile d'entreprendre l'étude de la balance d'oxygène ; nous pensons qu'il serait intéressant de comparer les résultats des calculs pour l'année 1962 aux analyses systématiques qui sont faites depuis le début de l'année".

En réalité, cette comparaison n'est guère facile, les quelques remarques suivantes l'exprimeront.

1° - *L'estimation théorique de la D.B.O. est une valeur moyenne* car elle est évaluée sur 24 heures : elle correspond au rapport du poids total de matières organiques rejetées en 24 heures, à la quantité d'eau en litres s'écoulant durant ce même temps.

Par contre, *la détermination analytique de la D.B.O. correspond à un temps précis*. Soumise à des irrégularités de rejets, elle risque de ne pas représenter une valeur moyenne réelle.

2° - *Le débit d'un cours d'eau est essentiellement variable ; le rejet quotidien des matières organiques est supposé constant*. Or, dans ce rapport, tout calcul de D.B.O. théoriques est établi pour les débits d'étiage, car hygiénistes et ingénieur tiennent compte surtout de la pollution maximum.

Par contre, les déterminations analytiques des D.B.O. sont effectuées lors de débits ne correspondant pas forcément aux débits d'étiage. L'idéal serait, pour une comparaison valable, de pouvoir tenir compte de la dilution des matières organiques dans des volumes d'eau variables et de calculer la concentration de matières organiques pour ce débit d'étiage. Des constatations restreignent l'intérêt de cette opération :

- Tout d'abord, toute D.B.O. évaluée expérimentalement dépend des matières organiques de provenance humaine et industrielle, mais aussi de

(1) - La charge polluante exprimée en milliers d'habitants-équivalents dans une zone donnée, et le débit d'étiage du cours d'eau à l'aval de cette zone.

celles d'origines plus diverses : végétale, animale, qui constituent la charge propre d'une rivière. Cette D.B.O. propre du milieu récepteur, jamais nulle, tendra à s'élever lors des crues : ainsi le taux des D.B.O. expérimentales augmentera alors que les D.B.O. théoriques ne tiendront pas compte de ces faits.

- Deuxième constatation : lors de l'évaluation des D.B.O. faibles, c'est-à-dire inférieures à 5 mg/l, toute valeur de la D.B.O. n'est plus exactement proportionnelle à la concentration des matières organiques contenues dans les eaux⁽¹⁾.

- Dernière constatation : les D.B.O. expérimentales, trouvées lors de débit d'étiage, sont parfois inférieures à celles obtenues lors de débits plus élevés ; les conditions d'aération, d'auto-épurations différentes, sont peut-être responsables de ces faits.

Ces quelques réserves nous conduisent à une conclusion pratique : une comparaison correcte entre des D.B.O. théoriques et expérimentales, pour des rivières peu polluées (c'est-à-dire pour des D.B.O. inférieures à 5 mg/l), devient impossible du fait d'une non concordance entre la valeur des D.B.O. et les concentrations en matières organiques, du fait d'une charge propre imprévisible, masquant les variations minimales des charges polluantes.

A l'inverse, cette comparaison devient plus valable dans le cas de rivières plus polluées car, devant la charge polluante prépondérante, disparaît la charge propre de la rivière et les inégalités de débits influent peu sur l'interprétation des résultats.

1° - COMPARAISON CONCERNANT LA POLLUTION ACTUELLE -

Nous prendrons comme base la pollution théorique établie par le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône et nous classerons les rivières en deux groupes selon que leur D.B.O. théorique d'étiage dépasse ou non 5 à 6 mg/l à l'aval de leurs bassins.

a) CAS DE RIVIERES NETTEMENT POLLUEES.-

1^{er} TYPE : POLLUTION THÉORIQUEMENT IMPORTANTE RÉSULTANT D'UNE CHARGE TRÈS LOCALISÉE.

1^{er} exemple : la Bourbre :

D'après les renseignements du rapport du S.N.R.S., la Bourbre reçoit pour l'ensemble de son bassin une charge polluante de 191 milliers d'habitants-équivalents entraînant, pour un débit d'étiage de 1 m³/seconde, une D.B.O. de 114,6 mg/l.

(1) - En effet, la destruction des matières organiques s'effectue lors de réactions d'oxydo-réduction, de nature enzymatique. La vitesse de ces réactions dépend en chaque instant des quantités de substrats mises en jeu et du taux d'oxygène dissous présent. Aussi, dans nos expériences, nous imposons une limite de temps, une quantité d'oxygène consommé : 50 % du taux initial, soit en pratique 5 mg/l. A cette consommation correspond une quantité et une seule de matières organiques, que l'on s'efforce d'obtenir par le jeu des dilutions. Dans le cas d'eaux peu polluées (D.B.O. inférieure à 5 mg/l), la quantité de matières organiques est insuffisante pour réaliser la consommation imposée et il n'y a pas proportionnalité entre la quantité d'oxygène consommé et la quantité de matières organiques présentes.

La plus grande partie de cette charge se déverse dans la région de Bourgoin.

Notre connaissance de la Bourbre résulte de prélèvements effectués notamment à l'aval du bassin et immédiatement en aval de Bourgoin. Ils ont été réalisés lors de notre enquête générale de 1964, ou lors d'une étude complémentaire en 1965, étude résumée dans la dernière partie de ce travail.

En aval de Bourgoin, nous avons, lors de cette étude complémentaire, procédé à une vingtaine de mesures de D.B.O. réparties sur 24 heures. La valeur moyenne était de 60 mg/l. Le débit de la Bourbre était de 2 m³/seconde. La charge polluante du bassin devait dans ces conditions entraîner une D.B.O. de 57 mg/l. Ces chiffres résultent évidemment de données partiellement inexacts : nous avons considéré toute la charge du bassin comme déversée dans la Bourbre en aval de Bourgoin. Quoiqu'il en soit, la concordance entre les calculs théoriques et la vérification expérimentale est remarquable et laisse à penser que l'ordre de grandeur de l'estimation est juste.

En aval du bassin, nous avons pratiqué pour l'étude de 1965 six mesures de D.B.O. : le résultat moyen est de 12 mg/l. Le débit peut être estimé à 4 m³/seconde par extrapolation des mesures en amont. Si toute la pollution du bassin était diluée dans ce débit, il en résulterait une D.B.O. de 30 mg/l. La différence peut être attribuée à une auto-épuration dont l'étude de 1965 analyse le mécanisme.

Durant l'enquête de 1964, 4 prélèvements ont été pratiqués : les débits ont varié de 5,5 à 6,5 m³/seconde, la D.B.O. théorique correspondant au débit moyen de 6 m³/seconde est de 20 mg/l. Nos résultats (7, 4, 4, 3,5 mg/l - moyenne : 4,6 mg/l) témoignent également d'une auto-épuration importante.

Comme nous l'avons fait dans la plupart des bassins, si nous n'avions prélevé d'échantillons qu'à la fin du cours de la Bourbre et si nous avions comparé les résultats de nos mesures aux D.B.O. théoriques, nous aurions constaté une importante différence : nous aurions pu l'attribuer soit à l'incertitude de l'estimation des charges polluantes (surestimées en l'occurrence), soit à l'activité d'une importante auto-épuration le long des vingt kilomètres séparant Bourgoin de l'aval du bassin.

Le développement de nos études dans ce secteur nous a permis de constater la justesse du calcul théorique de cette charge et de prouver la progression de l'auto-épuration à mesure que l'on s'éloigne de la zone de pollution.

2^{ème} exemple : la Loire à l'aval du bassin stéphanois :

Le rapport du S.N.R.S., à l'intérieur du bassin versant n° 28, considère une "zone polluante" particulière qui correspond pratiquement aux régions de Saint-Etienne et de Firminy.

De même que pour la Bourbre, il nous est possible d'effectuer une comparaison immédiatement après le rejet des principales pollutions dans l'On-daine, l'Onzon et le Furan. Ces trois rivières, recevant les effluents de Firminy, de la Talaudière et de Saint-Etienne, évacuent, en fait, la presque totalité de la charge polluante de la zone. Les débits moyens totaux correspondant

à nos mesures de l'Ondaine en fin de parcours, de l'Onzon et du Furan à l'Etrat (avant leur jonction), représentent 2,70 m³/seconde ; la charge totale polluante de cette zone, 680 milliers d'habitants-équivalents ; il en résulte une D.B.O. théorique de 150 mg/l environ. Or, la D.B.O. moyenne totale des échantillons prélevés en ces divers emplacements est de 210 mg/l. Là encore, nous jugeons cette concordance assez bonne, étant donné que cette moyenne de 210 mg/l est calculée sur une dizaine de mesures seulement, toujours pratiquées dans la journée, donc au moment des déversements généralement les plus pollués. De toute façon, la pollution théorique ne semble pas avoir été sous-estimée.

A Montrond, en aval de la zone polluante, cette charge, répartie dans 3,7 m³/seconde, devrait entraîner une D.B.O. de 110 mg/l. Nos mesures en juin, juillet et août, (pour des débits très voisins) révèlent des D B O de 2,8 - 2,5 - 2,5 mg/l.

La situation est la même que dans l'exemple précédent et des conclusions identiques peuvent être formulées sur l'importance de l'auto-épuration.

Autres cas analogues :

Quelques cas analogues sont décrits dans le rapport du Service de Navigation Rhône-Saône.

Sur la Loire, autour de Roanne, une zone polluante est également individualisée par ce rapport. Sa charge entraîne une D.B.O. théorique de 43 mg/l à l'étiage (estimé à 4 m³/seconde).

Dans le bassin du Fier, la pollution, susceptible d'entraîner une D.B.O. d'étiage de 12,5 mg/l à l'aval du bassin, est essentiellement groupée dans la région d'Annecy.

Dans le bassin de la Leysse, lac du Bourget, canal de Savière, la pollution amène une D.B.O. d'étiage de 25 mg/l à l'aval.

Nous n'avons jamais trouvé à l'aval de ces bassins des D.B.O. aussi élevées. Il est probable, pour ne pas dire certain, que l'auto-épuration est responsable de cette amélioration. Mais, dans ces cas, nous ne pouvons en fournir la preuve comme dans les cas précédents, faute le plus souvent de vérification analytique des estimations de charge polluante, d'un nombre suffisant d'examen ou d'un choix judicieux du lieu de prélèvement.

Le Drac présente une situation analogue : la D.B.O. à l'aval de son bassin est théoriquement de 35 mg/l. Nous n'avons pas d'expérience à comparer à ces estimations.

2^{ème} TYPE : POLLUTION THÉORIQUEMENT IMPORTANTE DE DÉCHARGES TRÈS DISSÉMINÉES.

1^{er} exemple : les Usses :

Le bassin des Usses reçoit une charge polluante très faible de 15,5 milliers d'habitants-équivalents. A l'étiage, seule la pauvreté du débit explique l'importante pollution théorique de la rivière : D.B.O. de 19,5 mg/l pour 0,5 m³/seconde. Pour des débits plus importants de 0,9 m³/seconde, 1,4 m³/seconde, 7 m³/seconde, la D.B.O. calculée théoriquement devrait s'abaisser à 10 mg/l, 6 mg/l, 1,5 mg/l. Dans ces conditions, nos déterminations analytiques ont abouti aux valeurs de 2,5 mg/l, 2,5 mg/l, 3 mg/l, très voisines les unes des autres malgré la variété des débits.

Ces variations théoriques n'ont en réalité aucune traduction pratique et ceci illustre les remarques formulées au début de ce chapitre sur la difficulté d'une telle confrontation.

Il reste vrai que, en fait, les Usses sont dans l'ensemble peu polluées. De plus, les charges polluantes sont déversées de façon très disséminée : si elles entraînent des pollutions locales notables, l'activité de l'auto-épuration fait qu'à l'aval du bassin, il n'en reste plus trace.

Autres cas analogues :

Nous avons choisi l'exemple des Usses, car nous connaissions les débits de cette rivière au moment des prélèvements ; ce cas est donc plus démonstratif que la plupart de ceux que nous allons citer, pour lesquels nous n'avons pas ces indications. Mais, d'une façon générale, la situation est la même. Etant donné la dispersion de cette charge, la conception, théorique, d'une pollution toute entière rassemblée à l'aval d'un bassin n'a aucune portée pratique. Les problèmes de pollution ne peuvent plus être traités dans le cadre du bassin mais uniquement sur le plan local.

Selon les indications données par ce rapport, indications que l'on trouve résumées dans le tableau n° 33, on voit que :

- la Valserine	devrait avoir une D.B.O. d'étiage de	43 mg/l ;
- le Doux	" " " " " "	25 mg/l ;
- la Drôme	" " " " " "	15,8 mg/l ;
- l'Eyrieux	" " " " " "	13,7 mg/l ;
- l'Ardèche	" " " " " "	9 mg/l.

Pour toutes ces rivières, nos analyses, à l'aval de leurs bassins, ont montré des D.B.O. inférieures ou égales à 3 mg/l (une fois, 3,5 mg/l). Ces résultats traduisent la modicité de la pollution qui, finalement, sort de ces bassins par l'intermédiaire de la rivière principale. Ils n'excluent nullement les problèmes locaux qui peuvent se poser à l'intérieur de ces bassins.

2^{ème} exemple : l'Arc :

La charge de cette rivière n'est pas disséminée sur tout le territoire de son bassin, ni groupée en une zone principale : elle est rassemblée en quelques centres échelonnés le long de la rivière. Nous n'avons pas pratiqué de prélèvements systématiques à l'aval de ces centres. Nous ne connaissons

pas la pollution particulière de chacun d'eux. Aussi, devons-nous nous contenter d'une comparaison à l'aval du bassin.

Là, les D.B.O. de quatre déterminations varièrent entre 2 et 4 mg/l alors que les débits s'étagaient entre 3 et 5 fois le débit d'étiage : ces dilutions auraient dû mathématiquement réduire à 1 ou 2 mg/l cette D.B.O., si la pollution humaine ou industrielle avait été seule en cause.

Dans une cinquième mesure, pour un débit de 7 fois l'étiage, la D.B.O. fut trouvée à 15 mg/l. Nous pensons qu'il ne s'agit que d'une pollution accidentelle. Ce résultat démontre la nécessité de ne jamais juger l'état d'une rivière sur un seul prélèvement.

b) CAS DE RIVIERES FAIBLEMENT POLLUEES.-

A l'aval d'un assez grand nombre de bassins versants, la D.B.O. calculée théoriquement à l'étiage est faible. C'est le cas notamment des bassins de l'Arve (4,1 mg/l), de l'Ain (2,9 mg/l), de la Saône (4,8 mg/l) et de l'Isère (5,5 mg/l).

Nous nous trouvons dans les conditions décrites au début de ce chapitre : les D.B.O. étant basses, aucune comparaison précise n'est possible. La seule concordance que l'on puisse exiger est que les estimations théoriques, comme les déterminations analytiques, aboutissent l'une et l'autre à une valeur peu élevée de l'ordre de 5 mg/l ou au-dessous. C'est en réalité ce qui se produit dans le cas de ces quatre rivières où les moyennes de nos mesures de D.B.O., à l'aval du bassin, sont toujours inférieures à 5 mg/l.

Cette concordance masque d'ailleurs la situation réelle de ces bassins. La faible D.B.O., à l'aval de leur rivière principale, prouve qu'ils ne constituent pas une source de pollution pour les bassins voisins, mais ne donne aucune indication sur leur situation intérieure ; d'après ces seuls résultats, on serait tenté de considérer l'état du bassin de l'Ain et celui du bassin de l'Isère comme analogues. En réalité, d'après notre enquête, si aucun problème important ne semble se poser pour l'Ain, il n'en est pas de même pour l'Isère.

e) CAS DU RHONE.-

Dans le chapitre précédent, nous avons étudié en détail le Rhône et nous avons souvent fait appel aux données statistiques fournies par le rapport du S.N.R.S. Nous envisageons ici une étude beaucoup plus synthétique. Nous ne faisons pas état des conclusions formulées par bassins versants dans ce rapport, car elles se prêtent mal à une étude d'ensemble du Rhône. Nous comparons les résultats de notre enquête aux données théoriques du tableau n° 33, établies d'après les indications du rapport. Ce tableau détaille l'influence de la pollution de chaque bassin versant sur la D.B.O. du Rhône, à l'étiage, aux différents points de prélèvements. Il ne tient pas compte des pollutions d'origines helvétique, bourguignonne ou franche-comtoise, déversées directement dans le Rhône ou par l'intermédiaire de la Saône ou de l'Ain : il fait abstraction de l'auto-épuration et, selon le principe du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône, considère que toute pollution organique introduite dans un réseau

de rivières y demeure jusqu'à la mer. Enfin, ce tableau expose, pour les différents points de prélèvements, la moyenne des déterminations analytiques des D.B.O. et leurs valeurs extrêmes.

1) - ÉVOLUTION DE LA D.B.O. THÉORIQUE.

Elle s'accroît régulièrement et assez rapidement jusqu'à Lyon, beaucoup plus rapidement de Lyon à Charmes, puis elle se stabilise. Les déversements modestes en amont de Lyon se traduisent par une augmentation sensible de la D.B.O. en raison de la pauvreté relative du débit. En aval de cette ville, de nouvelles pollutions se déversent et s'ajoutent à la pollution existante. Mais l'apport successif de la Saône et de l'Isère aux eaux d'ailleurs plus pures que celles du Rhône freine l'augmentation de la D.B.O. A la limite de la région Rhône-Alpes, le débit du fleuve est tel que seules de fortes pollutions peuvent avoir une influence mesurable sur sa D.B.O.

On ne saurait trop insister sur l'importance de ce débit : grâce à lui, toute la pollution organique de la région Rhône-Alpes, supposée accumulée dans le Rhône, à Viviers, n'est responsable que d'une D.B.O. de 7 mg/l à l'étiage.

2) - ÉVOLUTION DE LA D.B.O. DÉTERMINÉE ANALYTIQUEMENT.

On conçoit qu'au début de son parcours français, le Rhône ait une D.B.O. réelle plus élevée que celle calculée par le S.N.R.S. : elle provient de la pollution suisse, non estimée dans les prévisions de ce Service. Par la suite, cette D.B.O., résultant de la balance entre l'apport des matières organiques et leur destruction, devra de toute façon s'élever moins rapidement que la D.B.O. théorique. En fait, elle demeure presque constante et, de Chancy à Viviers, les moyennes des mesures oscillent entre 2,5 mg/l et 4,4 mg/l selon les points considérés (sur les 99 déterminations, 5 seulement dépassent 5 mg/l et une seule est supérieure à 6 mg/l).

En résumé, les effets bénéfiques de l'auto-épuration s'ajoutent à l'influence favorable de la dilution et les déterminations analytiques de la D.B.O. autorisent des conclusions encore plus optimistes que les prévisions théoriques.

d) CONCLUSION .

Valeur pratique des estimations théoriques de D.B.O. :

Doit-on accepter sans discussion les estimations théoriques de D.B.O. à partir de données purement statistiques ? Nous ne le pensons pas et l'exposé précédent nous permet de limiter ainsi les enseignements que l'on peut tirer de ces estimations et de leur comparaison avec les résultats de déterminations analytiques.

- Dans le cadre général d'un bassin déterminé :

a) - Pour des D.B.O. théoriques de faible valeur (de l'ordre de 5 mg/l ou au-dessous), on peut simplement dire que le bassin est probablement peu pollué. L'obtention de résultats élevés lors de déterminations analytiques résulte généralement d'une pollution accidentelle qu'il faudra s'efforcer de rechercher.

Toute comparaison plus précise entre D.B.O. réelles ou théoriques est d'un intérêt des plus réduit.

b) - Pour des D.B.O. théoriques de valeur plus élevée, l'attention est attirée sur la possibilité d'une pollution. Dès lors, l'importance et la distribution des charges polluantes dans le bassin, la distance séparant les points de déversement du lieu de prélèvement, permettent de préjuger de l'existence réelle d'une telle pollution. Des déterminations expérimentales sont indispensables pour en donner la preuve et apprécier la rapidité de sa destruction. Il convient de rappeler que ce n'est point une valeur isolée qui doit être opposée à une D.B.O. théorique, mais bien une valeur moyenne calculée sur un grand nombre de déterminations.

2° - COMPARAISON CONCERNANT LA POLLUTION FUTURE ET LA DESIGNATION DE ZONES CRITIQUES

Les études de rivières permettent de situer les zones où se posent des problèmes de pollution des eaux. Elles doivent également aider à prévoir celles où de tels problèmes sont susceptibles de se poser dans l'avenir avec plus ou moins d'acuité.

Les auteurs du rapport du Service de Navigation Rhône-Saône s'efforcent de déterminer les zones critiques en 1985. Voici leurs conclusions :

"En premier lieu, on peut mentionner les cours d'eaux pour lesquels l'épuration, supposée aussi complète que pratiquement possible des effluents, ne permettrait pas, en 1985, de maintenir la D.B.O.5 au-dessous de 5. Ce sont :

- la Loire,
- le lac du Bourget,
- la Bourbre.

"Même dans le cas d'hypothèse faible⁽¹⁾ du développement industriel, ces cours d'eaux aux points indiqués sur la carte⁽²⁾ seront nettement pollués.

"On peut citer ensuite les cours d'eaux pour lesquels une épuration sera nécessaire pour maintenir la D.B.O.5 au-dessous de 5. Ce sont, dans l'hypothèse faible⁽¹⁾ :

- les Usses,
- le Fier,
- le Drac,
- la Drôme,
- l'Ardèche.

(1) - On trouvera, pages 88 et 89, les explications concernant cette expression.

(2) - Sur cette carte correspondant au texte du rapport, ces points sont situés :

- pour la Loire : d'une part à Montrond, d'autre part à Pouilly, au nord de Roanne.
- pour le lac du Bourget : à Chanaz, en aval du lac.
- pour la Bourbre : à Pont-de-Chéruy.

"Dans l'hypothèse forte⁽¹⁾, en outre :

- le Rhône en amont de Lyon et en amont de Vienne.

"Dans les autres cas, une simple décantation suffirait à maintenir la D.B.O.5 au-dessous de 5".

a) - ETUDE DE LA SITUATION DES ZONES

CONSIDEREES LES PLUS MENACEES PAR LE RAPPORT DU S.N.R.S.-

Envisageons comment, pour ces "points à surveiller et à étudier en première urgence", nous pouvons prévoir la situation en 1985, à l'aide du rapport du S.N.R.S. et aussi de nos propres résultats.

Le bassin de la *Bourbre*, nous l'avons dit, ne sera l'objet d'ici 1985 que d'un développement industriel et urbain limité : sa charge polluante augmentera seulement de 10 % selon les prévisions statistiques. Dès lors, la D.B.O. théorique d'étiage sera de 125 mg/l. Dans les meilleures conditions d'épuration, qui laissent toujours subsister une pollution organique représentant environ 10 % de la pollution initiale, la D.B.O. s'élèverait encore à 12,5 mg/l.

Or, dans notre étude, la *Bourbre*, sans épuration artificielle, n'avait qu'une D.B.O. variant de 5 à 12 mg/l à l'aval de son bassin. Si une épuration artificielle s'ajoutait à l'auto-épuration naturelle, il est probable que la valeur de la D.B.O. pourrait descendre aisément au-dessous de 5 mg/l.

La *Loire à Montrond* présente une situation analogue. Sa pollution est susceptible d'augmenter de 20 à 30 % et, en 1985, sa D.B.O. théorique d'étiage pourra atteindre 145 mg/l, au lieu de 110 mg/l actuel. Et pourtant, nous pensons qu'aucun problème sérieux ne se pose. La station d'épuration naturelle du Furan et de la Loire elle-même en aval d'Andrézieux permet d'obtenir en fait une D.B.O. pratiquement inférieure à 5 mg/l à Montrond : la construction d'une station à Saint-Etienne permettrait certainement d'obtenir une D.B.O. moins élevée, dès le confluent avec le Furan, à Andrézieux.

Nous pensons que les mêmes résultats doivent être obtenus sur la *Loire en aval de Roanne*, après la création d'une station d'épuration pour cette ville.

Le lac du *Bourget*, par suite de l'essor industriel important prévu pour la région de Chambéry, risque de recevoir de la Leysse des eaux de très mauvaises qualités. Notre étude n'a pas été suffisante pour nous permettre d'apprécier le pouvoir d'auto-épuration de la Leysse dans les circonstances présentes et d'estimer son influence dans le cas d'un tel développement. On peut simplement affirmer que le point critique de ce bassin ne se situera pas à l'aval du lac du Bourget, mais à l'amont : que la Leysse puisse jouer un rôle déterminant dans l'épuration des eaux usées de Chambéry est difficile à prévoir, mais il est certain que, d'ici longtemps, le lac jouera ce rôle et ne livrera au Rhône que des eaux d'excellente qualité

(1) - On trouvera, pages 88 et 89, les explications concernant cette expression.

b) ETUDE DE LA SITUATION DES ZONES

CONSIDEREES COMME MENACEES A UN MOINDRE DEGRE PAR LE RAPPORT DU S.N.R.S.-

Nous ne pouvons discuter du cas du *Drac*, notre enquête n'ayant pratiquement pas porté sur cette rivière.

Nous avons discuté précédemment du cas du *Fier*. Si cette rivière risque d'être polluée par suite du développement industriel, il est possible que le Val du Fier perde le rôle d'écran efficace qu'il joue actuellement et que la D.B.O., à l'aval du bassin, dépasse les 5 mg/l.

Par contre, les développements prévus pour les bassins des *Usses*, de la *Drôme*, de l'*Ardèche*, ne modifieront pas les conclusions que nous avons exposées dans la comparaison de la situation actuelle. Aucun problème, sinon purement local, n'est à redouter pour ces rivières qui sont parfaitement capables d'assurer l'épuration des pollutions qu'elles risquent de recevoir.

Moins menacé que les rivières précédentes, le *Rhône* risquerait cependant de voir sa D.B.O. dépasser 5 mg/l en certains points, si l'épuration des effluents qu'il reçoit n'était soumise qu'à une simple décantation : cette opinion du rapport sera discuté dans le paragraphe suivant.

c) ETUDE DE LA SITUATION DE ZONES

CONSIDEREES COMME PEU OU NON MENACEES PAR LE RAPPORT DU S.N.R.S.

ET POUR LESQUELLES NOUS ESTIMONS QU'UN RISQUE DE POLLUTION EXISTE.-

Si les conclusions de ce rapport nous semblent surestimer les menaces pour certains bassins, il nous paraît en revanche qu'elles les sous-estiment dans les cas du *Rhône* et de l'*Isère*.

Le rapport, en effet, considère les bassins versants comme des entités : quand, pour l'un d'eux, il dresse l'inventaire de ses pollutions, il ne tient pas compte de celles qui lui parviennent de l'extérieur.

Deux exemples illustreront les conséquences de cette position :

1) - LE RHÔNE.

Le rapport du S.N.R.S. distingue le long du *Rhône* une série de zones polluantes, analogues aux bassins versants, mais dont la délimitation correspond plus à des concepts économiques qu'hydrographiques.

Il estime que dans la plupart des zones une simple décantation, assurant la destruction du tiers des matières organiques, suffira à maintenir la D.B.O. au-dessous de 5 mg/l. Mais, pour deux d'entre elles (en amont de Lyon et en amont de Vienne), dans le cas du développement maximum correspondant à "l'hypothèse forte", une épuration plus complète sera nécessaire. Si le développement n'atteint que l'hypothèse faible, ce traitement devient inutile et une simple décantation suffit.

Or, dans cette hypothèse faible, la D.B.O. du *Rhône*, à l'aval de la zone "amont de Lyon", serait de 5,6 mg/l qu'une décantation réduirait à 3,8 mg/l. Pour la zone "amont de Vienne", la D.B.O. serait de 7,1 mg/l, et de 4,7 mg/l en cas de décantation. Mais, en réalité à ces 4,7 mg/l résultant de la

charge déversée à l'intérieur de la zone incriminée, s'ajoute la charge résiduelle entraînée par le Rhône de la zone précédente.

Traduisons cela en pratique : si l'on veut maintenir à Vienne la D.B.O. à moins de 5 mg/l, il est indispensable que les effluents déversés en amont de cette ville subissent une épuration plus sévère qu'une simple décantation.

2) - L'ISÈRE.

Une situation analogue se présente pour le bassin de l'Isère : la région polluée des environs de Grenoble est découpée en zones polluantes ou bassins versants de façon telle que, dans aucune de ces délimitations, la D.B.O. de l'Isère n'atteindra 5 mg/l si les effluents déversés sont soumis à une simple décantation. Mais, si l'on considère l'ensemble de ces zones, la possibilité d'une D.B.O. de 10,8 mg/l à Veurey, en aval de Grenoble, est à envisager (tableau n° 30) ; cette D.B.O., dans le cas d'une épuration par décantation, atteindrait encore 7,2 mg/l.

Or, le bassin de l'Isère n'est nullement signalé dans le rapport du S.N.R.S. comme zone critique.

d) CONCLUSION.-

Nos prévisions et celles du rapport du S.N.R.S. présentent des divergences :

- Nous estimons généralement trop pessimistes les conclusions de ce rapport quand il néglige les phénomènes d'auto-épuration dans un bassin.
- Nous les estimons parfois trop optimistes quand il ne tient pas compte de l'influence d'un bassin sur un autre.

Ces divergences résultent de l'orientation différente de nos travaux :

- Le but du rapport du S.N.R.S. est de "donner des valeurs *relatives* de la pollution en *différents points* et aux deux époques de 1962 et de 1985". Il suffit, pour ce rapport, de différencier des zones d'après l'importance de leurs pollutions et de déterminer des zones critiques sur lesquelles portera l'effort de l'administration.

- Notre but est d'établir une situation réelle de la pollution. Il nous est impossible de faire abstraction de l'auto-épuration et de l'influence d'un bassin sur un autre.

3° - INTERET DES ESTIMATIONS COMPAREES THEORIQUES ET PRATIQUES

Tel qu'il est, le rapport du S.N.R.S. se présente comme un instrument de travail non seulement utile, mais indispensable pour l'analyste. Bien des erreurs dans le choix de nos stations de prélèvement, bien des omissions dans nos recherches, eussent été évitées si nous avions eu connaissance de ce rapport

au début et non à la fin de notre enquête. L'interprétation de nos résultats perdrait une grande partie de son intérêt si elle ne pouvait s'étayer sur les renseignements fournis par ce document.

Il nous faut souhaiter une mise à jour périodique de ses indications, qui pourrait correspondre à une mise à jour de notre inventaire : leur préparation commune en vue de faciliter la comparaison de leurs conclusions permettrait de mieux suivre l'évolution parallèle du développement économique et de la qualité des cours d'eau de notre région, réalisant ainsi les prescriptions de la récente loi sur la protection des eaux.

B) - COMPARAISON DE NOS RESULTATS ANALYTIQUES AVEC LES ESTIMATIONS DE L'ATLAS DE LA POLLUTION

En dernier lieu, nous nous proposons de comparer les résultats de notre enquête avec les prévisions de l'atlas de la pollution. Nous aurons, de ce fait, à estimer la qualité des cours d'eau : pour cela, nous nous aiderons de la classification proposée par L. COIN, exposée dans l'appendice de ce travail, et où les rivières de 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} catégorie, correspondent à des eaux de très bonne, bonne, médiocre et mauvaise qualité.

Cet exposé résume la situation actuelle des cours d'eau de notre région.

1° - BASSIN DE LA LOIRE -

L'atlas de la pollution classe la zone du bassin stéphanois, Loire et affluents en 4^{ème} catégorie, alors qu'au nord de cette zone la Loire est classée en 3^{ème} catégorie. La qualité s'améliore dans la région de Feurs : le fleuve est classé dans la 2^{ème} catégorie jusqu'à Roanne où, à nouveau, il retombe en 3^{ème} catégorie.

Notre enquête aboutit à des conclusions très voisines, peut-être un peu moins sévères.

Dans le bassin stéphanois, les déversements industriels et domestiques de Saint-Etienne, de Firminy et des cités voisines, constituent l'essentiel de la pollution de la Loire. Ces déversements parviennent au fleuve par l'intermédiaire de rivières de faible débit parmi lesquelles l'Ondaine et le Furan sont les plus représentatives. Point n'est besoin d'insister sur leur pollution : matières organiques, produits chimiques anodins ou toxiques, bactéries de provenance fécale, s'y rencontrent en abondance. Mais au rôle vecteur de ces rivières, s'ajoute un rôle épurateur : elles livrent à la Loire des effluents partiellement épurés qui, dilués de surcroît dans la masse des eaux du fleuve, n'en altèrent pas irrémédiablement la qualité.

La Loire, en dépit des matières organiques reçues, demeure le plus souvent de qualité correcte, parfois médiocre. De nombreux caractères sont ceux d'une rivière de 2^{ème} catégorie. Il en est d'autres (flore bactérienne, présence d'éléments chimiques toxiques, tel le chrome) qui imposent son classement en 3^{ème} catégorie. Mais jamais nous n'avons trouvé des indications permettant de la classer en 4^{ème} catégorie. Une étude plus approfondie, notamment entre Andrézieux et Montrond, serait nécessaire pour éclaircir sa situation immédiatement en aval du confluent avec le Furan.

Au nord du bassin stéphanois, la situation s'améliore et, en amont immédiat de Roanne, la Loire se présente dans l'ensemble comme une rivière de bonne qualité. Celle-ci se détériore en aval de la ville où, le plus souvent médiocre, elle est parfois mauvaise. Certains éléments chimiques, sulfates par exemple, atteignent pour les faibles débits des concentrations qui rendent l'eau impropre à certains usages. Des substances toxiques s'y retrouvent à nouveau.

2° - BASSIN DU RHONE -

a) AFFLUENTS DU RHONE, DE LA SAONE, DE L'ISERE.-

L'atlas de la pollution classe la plupart de ces cours d'eau en 1^{ère} ou 2^{ème} catégorie.

Ne sont indiqués comme méritant un classement inférieur que les rivières ou sections de rivières suivantes :

Le Gier, qui dans son cours moyen est classé en 4^{ème} catégorie.

Le Pïer, qui à l'aval d'Annecy est classé sur une courte section en 3^{ème} catégorie : les rares prélèvements effectués par nos soins dans ce secteur ne nous ont pas permis de vérifier un tel classement à priori très soutenable.

L'Arly, classé également en 3^{ème} catégorie en aval d'Ugine : à défaut d'indices importants de pollution, nous avons décelé la présence de chrome qui justifierait ce classement.

Le Drac, classé en amont de Grenoble en 4^{ème} catégorie : nous n'avons pratiquement pas étudié cette rivière.

Notre enquête nous permet de dresser le tableau général suivant :

- Une pollution constante et très importante a été décelée dans la Bourbre, la Turdine, le Gier et la Cance.

La Bourbre, entre Cessieu et Jamezieu, est très polluée ; c'est seulement dans les derniers kilomètres de son cours que sa D.B.O. redevient celle d'une rivière après avoir été celle d'un égout.

Il en est de même de la Turdine, en aval de Tarare ; mais en amont de l'Arbresle, l'épuration s'est largement fait sentir.

Le Gier, en aval de Saint-Chamond, est encore plus pollué que les deux rivières précédentes ; sa pollution, aussi bien chimique qu'organique, ne va pas sans rappeler celle du Furan à la sortie de Saint-Etienne. S'améliorant par la suite, il ne peut cependant être considéré, au mieux, que comme une rivière de 4^{ème} catégorie.

La très mauvaise qualité de ces rivières, résultant de l'importance de leur charge mais aussi de leurs débits, n'entraîne pas d'altérations des cours d'eau qui les reçoivent ; le problème essentiel qui se pose à leur sujet est un problème d'hygiène : est-il tolérable de voir s'écouler un égout à ciel ouvert ?

Le problème de la Cance est légèrement différent. Nous avons moins étudié cette rivière que les précédentes : à la sortie d'Annonay, elle est polluée, mais en aval de cette ville, au lieu de parcourir des régions habitées, elle s'engage dans des gorges où son auto-épuration se poursuit d'ailleurs activement : sur quatre mesures de D.B.O. effectuées en amont de sa jonction avec le Rhône, aucun résultat ne fut trouvé supérieur à 6 mg/l.

- Une pollution constante mais de moindre importance a été décelée dans deux autres rivières : la Gère et la Galère.

Cette pollution n'affecte que leurs cours inférieurs, quelques kilomètres en amont du confluent avec le Rhône, pour la *Gère* en aval de Pont-Èvêque, pour la *Galaure* dans les gorges de Rochetaillée. Leur problème est celui de la Bourbre et de la Turdine mais il se pose avec moins d'acuité : la pollution est nettement moins intense et le parcours pollué plus réduit.

- Une pollution accidentelle, de diverses origines :

- Il peut s'agir de pollution organique : nous avons ainsi mis en évidence des D.B.O. supérieures à 5 mg/l dans la *Reyssouze* (8 mg/l), la *Chalaronne* (10 mg/l), l'*Azergues* (6 mg/l), la *Leyse* (12 mg/l), l'*Arve* (8 mg/l), l'*Arc* (8 et 15 mg/l). Mais toutes les mesures de D.B.O. des autres échantillons prélevés dans ces rivières ont donné des résultats inférieurs à 5 mg/l. Peut-être s'agit-il de pollutions accidentelles ?

Le *Garon* semble présenter une pollution plus constante : la D.B.O. atteint 6 mg/l deux fois sur trois déterminations.

- Il peut s'agir des teneurs en matières en suspension : dans la *Drôme* où elles dépassent toujours 100 mg/l, elles sont essentiellement d'origine minérale et nous avons discuté de leur importance dans l'étude de cette rivière. Des taux également supérieurs à 100 mg/l s'expliquent plus par une crue dans le cas de l'*Herbasse*, par le pouvoir érosif des torrents alpestres dans le cas du *Doron de Bozel*, du *Fier*, de l'*Arve* et de l'*Arc*, que par une pollution humaine ou industrielle.

- Il peut s'agir enfin, et c'est le cas de l'*Arly*, de la présence d'éléments toxiques.

- Une pollution faible ou négligeable dans les autres rivières examinées qui toutes nous paraissent susceptibles d'être classées en 1^{ère} ou 2^{ème} catégorie.

b) SAONE.-

L'*atlas de la pollution* considère que cette rivière relève d'un classement en 3^{ème} catégorie sur tout le territoire de la région Rhône-Alpes.

Notre enquête justifierait pour la plupart des critères un classement en 2^{ème} catégorie : la plus grande partie de nos déterminations montrent des D.B.O. inférieures à 5 mg/l, des pourcentages de saturation en oxygène supérieurs à 80 %, des taux de matières en suspension inférieurs à 50 mg/l, des teneurs en chlorures très importantes par rapport aux autres rivières de la région mais ne dépassant que deux fois, et de très peu, 250 mg/l.

Par contre, la qualité bactériologique, souvent médiocre à l'approche de Lyon, la présence de chrome, justifieraient théoriquement un classement en 3^{ème} catégorie. Mais cet élément toxique n'a été décelé qu'une seule fois, et nous rappelons les réserves que nous avons faites sur la valeur de notre enquête bactériologique.

Il ne nous semble donc pas que, normalement, la Saône puisse être considérée comme une rivière vraiment polluée. Mais les risques de pollution existent. Nous avons insisté, dans le chapitre réservé à cette rivière, sur

la présence de quantités importantes de chlorures d'origine industrielle. Des pollutions analogues risquent de se reproduire : si elles se réalisent et ne sont pas étroitement codifiées et surveillées, elles limiteront certainement à l'avenir les possibilités d'utilisation de l'eau de la Saône.

c) ISERE.-

L'atlas de la pollution considère que deux sections de cette rivière doivent être classées en 3^{ème} catégorie : du confluent de l'Arly au confluent de l'Arc, du confluent du Drac au confluent du Rhône. Cette deuxième section ne relève qu'irrégulièrement de ce classement et, en réalité, est intermédiaire entre la 2^{ème} et la 3^{ème} catégorie.

Les autres secteurs de la rivière sont considérés comme de 1^{ère} catégorie.

Notre enquête confirme cet excellent classement en amont du confluent avec l'Arly : si les matières en suspension dépassent souvent les limites proposées pour une rivière de bonne qualité, on doit en rendre responsable l'érosion due à l'Isère plutôt que les pollutions qu'elle subit. La contamination bactériologique décelée provient sans doute du choix de notre point de prélèvement : au centre de Moutiers.

Par contre, nous n'avons pas constaté d'altération constante de la qualité après la jonction de l'Isère et de l'Arly. Mais nous n'avons pratiqué que quelques analyses de sondage à Grézy, en amont du confluent avec l'Arc, dans une zone difficile à étudier en raison des bouleversements apportés par les travaux de l'E.D.F. dans le cours naturel des rivières.

Nous n'avons pas non plus constaté d'amélioration après le confluent de l'Arc : mais le seul point de prélèvement utilisé fut le pont de la Tronche à Grenoble, choix inopportun car situé déjà en aval de certains déversements de la ville.

Nous avons examiné d'une façon beaucoup plus approfondie la qualité de l'Isère en aval de Grenoble. La pollution résultant de cette ville nous paraît légèrement sous-estimée par l'atlas de la pollution. Nous avons vu, dans l'étude de cette rivière, que la D.B.O. est généralement supérieure à 5 mg/l et atteint parfois des valeurs beaucoup plus élevées, que dans les 2/3 des cas les taux de matières en suspension dépassent 50 mg/l et dans 1/4 des cas 75 mg/l. En outre, des substances toxiques ont été signalées et la pollution bactérienne est toujours intense. Les analyses, poursuivies en 1965, confirment et même accentuent ces caractéristiques. Nous pensons, actuellement, que ce secteur peut être considéré au mieux comme de 3^{ème} catégorie et que, s'il y a hésitation de classement, c'est plutôt entre la 3^{ème} et la 4^{ème} catégorie qu'elle doit se manifester.

Dans la portion terminale de l'Isère, par contre, une épuration très importante permet de l'intégrer nettement dans les rivières de 2^{ème} catégorie : la D.B.O. est toujours inférieure à 5 mg/l, le taux de matières en suspension inférieur à 50 mg/l (sauf en période de crue). Seule la pollution bactérienne, accentuée, relève de la 3^{ème} catégorie.

Ainsi, l'Isère accuse nettement la pollution déversée par la région industrielle de Grenoble. Mais elle répare facilement par la suite cette altération et ne livre au Rhône que des eaux d'une excellente qualité, présentant souvent des caractéristiques dignes de la 1^{ère} catégorie et presque toujours de la 2^{ème}.

d) RHONE.-

L'atlas de la pollution classe le Rhône en 2^{ème} catégorie en amont de Lyon, en 3^{ème} en aval de cette ville.

Notre enquête aboutit à des conclusions légèrement plus optimistes.

Pour le **cours supérieur** de ce fleuve, cette classification nous paraît parfaitement justifiée. La pollution importante de la ville de Genève ne se traduit pas, sauf peut-être du point de vue bactériologique, par une pollution importante du fleuve à son entrée en France. En outre, les déversements directs sont actuellement peu nombreux dans cette section et les pollutions que, théoriquement, ses affluents pourraient lui transmettre des centres urbains et industriels situés loin de ses rives (Bourgoin, Annecy, Chambéry) sont en réalité détruites par l'auto-épuration.

La situation **en aval de Lyon** se modifie. Parmi les affluents que reçoit le Rhône, certains proviennent de régions industrielles et de peuplement important. La plupart ont pu assurer l'épuration de leur charge organique (Saône, Isère, Cance) et les seuls qui n'ont pas pu mener à bien ce travail déversent une charge sans influence réelle sur la qualité du Rhône (Gère, Galaure, Garon, Gier). Le Rhône, protégé contre ces pollutions organiques par les stations d'épurations naturelles que constituent ses affluents, ne l'est pas en réalité contre des pollutions chimiques particulières. La Saône lui transmet ses chlorures, l'Isère est soupçonnée de lui faire parvenir des phénols : nous n'avons jamais trouvé des taux de chlorures considérables dans le Rhône, nous n'y avons jamais décelé de phénol. Mais il y a là une possibilité de danger sur laquelle il convient d'insister.

En outre, le Rhône reçoit une quantité importante de déversements directs, qu'il s'agisse d'égouts des villes qu'il traverse ou qu'il s'agisse d'effluents des zones industrielles qui le bordent et qui s'agrandissent sans cesse. Dans les circonstances actuelles, le Rhône, grâce à son débit, sa vitesse, son oxygénation, dégrade assez facilement les matières organiques dont on le charge. Cependant, nous avons vu qu'en quelques points (Serrière notamment) il semble que la résorption de ces pollutions soit un peu moins aisée. Il convient donc de s'assurer que les déversements futurs prévus - et nous avons cité leur importance - n'excéderont pas le pouvoir épurateur du fleuve.

Si les risques résultant d'un accroissement de la pollution organique générale ne semblent pas encore importants, il n'en est pas de même des dangers de pollutions minérales. L'industrie est en plein développement dans cette vallée, et notamment l'industrie chimique. Les rejets industriels sont actuellement neutralisés par l'importance des débits du fleuve. Mais si le débit moyen du fleuve reste stable, ces rejets augmentent sans cesse. De plus, certains produits peuvent à l'état de traces entraîner une pollution gênante et durable. Nous avons parlé des phénols ; il en est de même des hydrocarbures. Alors que les examens indiqués dans ce travail nous fournissent le témoignage d'une faible pollution, on peut voir les longues traînées huileuses qui flottent sur le fleuve, on peut entendre les doléances des pêcheurs qui prennent des poissons inmangeables. L'utilisation de ces hydrocarbures par les péniches qui sillonnent le fleuve, leur transport par les oléoducs, sont sources de pollutions nouvelles dont il n'est pas tenu compte dans notre inventaire.

Si l'on néglige ce type nouveau de pollution, il apparaît que le Rhône est peu pollué, même en aval de Lyon. Point de vue bactériologique mis à part, on pourrait le classer sur la plus grande partie de son cours en 2^{ème} catégorie, la traversée de Lyon et de sa banlieue, le secteur de Serrière-Sablons, relevant peut-être de la 3^{ème} catégorie.

3° - CONCLUSION GENERALE -

De ce court résumé de notre enquête et des estimations de l'atlas de la pollution quelques enseignements peuvent être tirés.

On peut faire état d'une excellente concordance entre les résultats de nos déterminations et les prévisions de L. COIN exprimées dans cet atlas. Les différences ne portent que sur des points de détail des secteurs très limités ; ils peuvent résulter dans certains cas d'une insuffisance de notre enquête.

La situation générale des cours d'eau de notre région est bonne :

- La plupart des rivières principales supportent généralement, du fait de l'auto-épuration et de l'importance de leurs débits, les charges parfois lourdes qui y sont déversées. Si leurs eaux dans la plus grande partie de leurs cours peuvent être considérées comme de bonne qualité, il est cependant des secteurs critiques où les limites de résistance semblent près d'être atteintes : Loire à Andrézieux et, dans l'aval immédiat de Roanne, Rhône à Serrière, Isère en aval de Grenoble.

- La plupart des petites rivières sont de qualité correcte et quand il arrive que quelque secteur soit particulièrement souillé (Turdine à Tarare, Cance à Annonay, Bourbre à Bourgoin), l'auto-épuration, généralement active, redresse rapidement les effets de la pollution.

Nous n'avons certes pas prétendu analyser tous les cours d'eau de la région Rhône-Alpes ; certaines pollutions limitées ou accidentelles ont pu nous échapper ; mais l'étendue de notre enquête nous semble suffisante pour justifier une opinion favorable sur l'ensemble de ces cours d'eau. Il s'agit là d'un important atout pour le développement économique de cette région en pleine expansion, mais c'est un atout qu'il ne faut pas perdre. Il est heureux pour cette région que le problème des eaux de surface ne consiste pas à remédier difficilement à une situation compromise, mais à protéger une situation encore privilégiée : il appartient à ses dirigeants de pratiquer une politique de l'eau qui réalise ce but.

TROISIEME PARTIE

ETUDE DES METHODES D'ENQUETE SUR LA POLLUTION DES COURS D'EAU

TROISIEME PARTIE

Dans la deuxième partie de notre travail, nous avons dressé un état général des cours d'eau de la région Rhône-Alpes et estimé leur état de pollution. Au cours de cet exposé, des problèmes particuliers méritant un examen approfondi ont été signalés. Nous avons, en quelque sorte, établi le canevas d'une enquête où bien des points restent à éclaircir.

Pour ces recherches complémentaires, peut-on utiliser le plan d'étude adopté dans notre inventaire ? Ne serait-il pas avantageux d'y apporter des modifications adaptées à l'analyse détaillée d'un cours d'eau ?

Une courte revue bibliographique, basée sur quelques exemples précis, nous permettra de répondre à cette question et de préconiser quelques directives pour l'étude complète d'une rivière.

PREMIER CHAPITRE

ANALYSE DE QUELQUES PLANS D'ETUDE DE RIVIERE

Quelques études ont été conduites d'une façon analogue à celle que nous avons utilisée. Nous analyserons d'abord les renseignements qu'elles fournissent, permettant d'apprécier la valeur d'un tel procédé.

Puis nous examinerons quelques techniques destinées à approfondir la connaissance d'une rivière en un point donné ou destinées à relier des prélèvements entre eux par la notion de vitesse d'écoulement.

1° - ETUDES PAR PRELEVEMENTS ESPACES ET RENOUVELES ECHANTILLON UNIQUE, AU CENTRE DE LA RIVIERE

A) ETUDES SUR LE RHIN.-

Nous étudierons plus particulièrement les travaux effectués sur le Rhin car c'est un des fleuves d'Europe les plus comparables au Rhône. Il est l'objet d'études systématiques entreprises depuis 1953 par une Commission internationale dont les comptes rendus constituent une remarquable source d'informations. En outre, un exposé de VAN HAAREN précise l'état de ce fleuve aux Pays-Bas. Nous exposerons les résultats de ces deux documents qui se rapportent à notre sujet.

a) - TRAVAUX DE LA "COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DU RHIN CONTRE LA POLLUTION.

Leurs conclusions sont réunies dans des "Rapports" annuels (49) ou biannuels, rendant compte des résultats et des remarques qui en découlent, jusqu'en 1960 inclus. Pour les années 1961 et 1962, des publications provisoires n'indiquent que les résultats.

1) - Méthode suivie - Points de prélèvement - Analyses effectuées :

Le principe est d'étudier l'état du fleuve toutes les deux semaines par des prélèvements en des points suffisamment éloignés les uns des autres pour que les différences soient significatives, et d'interpréter essentiellement les modifications survenues dans les moyennes annuelles de 26 prélèvements.

Les points de prélèvement choisis sont énumérés ci-après. Pour chacun d'eux est indiqué sa nationalité, son altitude en mètres, sa distance en kilomètres du point précédent et du lac de Constance.

Stein am Rhein.....	Suisse	395 m		28 km du lac
Kembs.....	Suisse	229 m - à 155 km de Stein	- 183 km du lac	
Seltz.....	France	110 m - à 157 km de Kembs	- 340 km du lac	
Braubach.....	Allemagne	63 m - à 241 km de Seltz	- 581 km du lac	
Emmerich.....	Allemagne	11 m - à 284 km de Braubach	- 865 km du lac	
Lobith.....	Pays-Bas	11 m - à 284 km de Braubach	- 865 km du lac	
Groninchen (sur le Waal)	Pays-Bas	4 m - à 85 km de Lobith	- 950 km du lac	
Vresswijk (sur le Lek) .	Pays-Bas	2 m - à 75 km de Lobith	- 940 km du lac	
Kampen (sur l'Ijssel) ..	Pays-Bas	0 m - à 35 km de Lobith	- 900 km du lac	

Il convient de signaler qu'à Lobith (Pays-Bas) et Emmerich (Allemagne), villes frontières, les prélèvements furent faits aux mêmes endroits et aux mêmes moments, mais les analyses furent effectuées par deux laboratoires différents, un hollandais et un allemand. Ainsi, la comparaison des résultats contrôle la rigueur des mesures.

D'une façon générale, les prélèvements ont été effectués au milieu du fleuve, à 0,50 m de la surface.

Les éléments analysés ont varié au cours des années. Disons simplement, qu'en 1962 étaient déterminés : les débits, la température, l'oxygène dissous (exprimé soit en mg/l, soit en pourcentage de saturation), les ions Cl^- , SO_4^{--} , la dureté, les phénols, la conductivité et la radioactivité. Certains de ces éléments, comme la dureté et les SO_4^{--} , n'avaient pas été analysés dans les premières années d'enquête.

En outre, sur chaque échantillon, les stations allemandes et hollandaises ont dosé le pH, la teneur en ions NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{---} , la D.B.O. et l'oxygène cédé, par le permanganate.

En plus des examens réguliers, toutes les stations ont pratiqué des analyses biannuelles, plus complètes, comportant les dosages des principaux cations (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Fe^{+++}) et anions (HCO_3^- , SO_4^{--} , Cl^- , NO_3^- , SiO_2 , PO_4^{---}).

Par comparaison avec la méthode que nous avons suivie : ce mode opératoire comporte des points de prélèvement plus espacés et une fréquence plus grande des analyses.

2) - Présentation et interprétation de quelques résultats :

Nous exposons sous forme de tableaux :

- Pour chaque station (sauf Vresswijk et Kampen), les moyennes des 26 mesures annuelles de débit, d'oxygène dissous et des chlorures, durant les années 1956 à 1962 (tableau n° 37).

**TABEAU 37 : Moyennes annuelles des taux de quelques éléments
des eaux du Rhin**

- d'après les rapports de la Commission Internationale -

STATION	ANNEES	DEBIT m ³ /sec.	OXYGENE DISSOUS			CHLORURES	
			% SATURATION	mg/sec.	kg/lv	mg/lv	kg/sec.
Stein	1956	403	108	11,51	4,45	2,60	1
	1957	356	105	10,81	3,73	2,70	0,90
	1958	373	102	10,69	3,93	2,60	0,90
	1959	279	101	10,26	2,91	2,86	0,80
	1960	388	102	10,60	3,91	2,97	1,10
	1961	325	103	10,43	3,35	2,81	0,90
	1962	302	104	10,88	3,35	3,07	0,90
Kembs	1956	1.114	105	11,37	12,42	7,10	7,10
	1957	961	97	10,32	9,93	7,60	6,40
	1958	1.113	96	10,19	11,35	6,40	6,60
	1959	780	90	9,44	7,41	8,25	5,82
	1960	1.123	101	10,60	11,84	7	7,15
	1961	954	98	10,22	10,13	7,50	6,30
	1962	924	95	10,30	9,86	9,29	7,10
Seltz	1956	1.194	91	9,82	11,46	85,70	94,30
	1957	1.188	91	9,55	11,29	110	114,70
	1958	1.348	91	9,62	13	105	129,50
	1959	960	82	8,60	8,55	132,20	117,10
	1960	1.306	89	9,30	12,08	105	117
	1961	1.203	89	9,02	10,84	98,50	112,10
	1962	1.160	84	9	10,99	113,40	111,50
Braubach	1956	1.730	76	7,97	13,46	82,50	134,90
	1957	1.564	68	7,10	11,57	95,10	135,20
	1958	1.720	71	7,42	12,92	92,80	148,70
	1959	1.157	60	6,27	7,85	110	117,20
	1960	1.549	58	6,17	9,66	91,50	128
	1961	1.606	53	5,73	9,94	77,70	112,90
	1962	1.468	56	6,16	10,19	102,20	126,90
Lobith Emmerich	1956	2.466	68	7,31	18,33	114,10	255,30
	1957	2.140	63	6,70	15,33	133,50	254,30
	1958	2.470	66	6,99	18,32	119	267
	1959	1.553	57	5,93	10,31	180	244
	1960	2.169	58	6,18	13,90	134	264
	1961	2.486	57	6,08	16,47	118	264
	1962	2.135	55	6	13,47	150	259,80
Groninchen	1956	1.665	67	7,33	12,27	112,90	171,80
	1957	1.494	62	6,72	10,51	126	166,90
	1958	1.753	67	7,30	13,53	112	175
	1959	1.098	57	6,10	7,30	167,70	161,30
	1960	1.571	60	6,49	10,40	133,20	189,80
	1961	1.639	55	5,92	10,23	126,60	185,30
	1962	1.435	56	6,32	10,14	147,80	178,60

- Pour les stations de Lobith, les moyennes des 26 mesures annuelles des ions NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{---} , phénols, D.B.O.5 et oxydabilité au permanganate de potassium (tableau n° 38).

- A titre comparatif, la conclusion des dosages de Cl^- , SO_4^{--} et D.B.O.5, effectués d'une part en Hollande pour la station de Lobith, d'autre part en Allemagne pour la station d'Emmerich (tableau n° 39).

Chacun de ces tableaux fera l'objet d'un commentaire sur la régularité et la cohérence des résultats que l'on peut obtenir par la simple moyenne de résultats de prélèvements espacés.

- Le tableau n° 37 permet d'apprécier l'évolution des chlorures et de l'oxygénation du Rhin depuis 1956 et sur tout son parcours.

La concentration en chlorures est de plus en plus abondante d'amont en aval. L'augmentation est surtout marquée entre Kembs et Seltz, c'est-à-dire durant la traversée de l'Alsace et du Pays de Bade, et entre Braubach et Lobith, c'est-à-dire dans le secteur où se déversent la Moselle et les affluents provenant de la Ruhr.

Cette évolution est constante quand on la considère pour une seule année, d'une station à l'autre. Mais, d'une année à l'autre, on remarque des variations de concentrations, à première vue, surprenantes : c'est le cas notamment de l'année 1959 par rapport à 1958. Il faut chercher la raison de cette anomalie dans la sécheresse de cette année-là. En supposant que la quantité totale de chlorures rejetée dans le Rhin ait été la même en 1958 et en 1959, le débit moyen du Rhin au moment des prélèvements était de 2.470 m³/seconde en 1958 et seulement de 1.553 m³/seconde en 1959. Il en résulte que la concentration en 1959 devait être environ 1,6 fois celle de 1958 : c'est pratiquement ce qui s'est produit.

La pollution, du point de vue de l'utilisation de l'eau, a effectivement augmenté en 1959, puisque cet accroissement important de la teneur en chlorures peut entraîner une gêne pour certains usages. Mais elle demeure presque semblable si l'on considère la quantité totale d'ions Cl^- rejetés dans le Rhin. Il convient donc de trouver un mode d'expression des résultats qui tienne compte de ce dernier point de vue. On peut y parvenir en exprimant la pollution, non en concentration par rapport au litre, mais en quantité totale d'élément polluant charrié, en un point donné et en un temps donné : généralement, on exprime ces charges en kg/seconde. Les deux modes d'expression sont reliés par la formule :

$$\frac{\text{Concentration (mg/l)} \times \text{débit (m}^3\text{/sec.)}}{1.000} = \text{Charge en kg/sec.}$$

Le tableau n° 37 nous montre que les variations des chlorures de 1959, par rapport à 1958, sont de 50 % en concentration, mais de moins de 10 % en charge.

La charge en chlorures augmente évidemment d'amont en aval, mais ce fait n'a aucune signification du point de vue pollution car l'apport au Rhin d'un affluent très pauvre en chlorures en améliore la qualité par dilution ; cependant, la charge augmente en fonction de cet apport supplémentaire, même faible : c'est ainsi que dans le secteur Braubach-Lobith la charge en kg/sec. est plus accentuée que dans le secteur Seltz-Braubach, alors que la concentration est plus basse.

Ce n'est donc pas pour des comparaisons en différents points du fleuve que cette expression est utile, mais pour des comparaisons au même endroit, d'une période à une autre : elle permet de suivre les variations, dans le temps, de la pollution déversée. Si l'on compare les moyennes des deux périodes 1956-58 d'une part, et de 1960-62 d'autre part, on voit que la charge en chlorures :

- est demeurée constante à Seltz (113,8, au lieu de 112,8 kg/sec.) ;
- a diminué à Braubach (122,6, au lieu de 139,6 kg/sec.) ;
- est demeurée sensiblement la même à Lobith (262,8, au lieu de 258,8 kg/sec.) ;
- a augmenté à Groninchen (184,3, au lieu de 171,2 kg/sec.).

En résumé, la situation ne s'est presque pas modifiée, les variations maxima ne dépassant pas 10 %. Notons simplement que la charge en chlorures du Rhin, dans la partie terminale de ce fleuve, en Hollande, semble en légère augmentation.

La concentration en oxygène dissous diminue d'amont en aval, ce qui n'est d'ailleurs pas une preuve de pollution : des phénomènes naturels peuvent expliquer ce fait : l'élargissement du fleuve, l'augmentation de son débit, la diminution de la turbulence, diminuent la réoxygénation.

La charge en oxygène dissous est plus faible dans la période de 1960 à 1962 que dans celle de 1956 à 1958. Les moyennes correspondantes s'abaissent :

- de 4,03 à 3,55 kg/sec. à Stein,
- de 11,23 à 10,61 kg/sec. à Krembs,
- de 11,95 à 11,30 kg/sec. à Seltz,
- de 12,65 à 9,93 kg/sec. à Braubach,
- de 17,32 à 14,34 kg/sec. à Lobith,
- de 12,10 à 10,26 kg/sec. à Groninchen.

L'augmentation de la pollution organique, entraînant une consommation accrue d'oxygène, nous paraît l'explication la plus vraisemblable de cette diminution. On peut écarter, comme autre explication, des variations de température entre ces deux périodes : le tableau n° 37 montre que les taux par rapport à la saturation, qui sont indépendants de ce facteur, diminuent dans les mêmes proportions.

On peut constater que cette diminution est surtout nette dans le cours inférieur du Rhin.

- Le tableau n° 38 permet de constater l'évolution à Lobith de quelques éléments autres que les chlorures et l'oxygène dissous, durant la même période de 1956 à 1962. On voit l'augmentation de la pollution organique se manifester en particulier par l'augmentation de la D.B.O.5 et de l'oxygène cédé par le permanganate, ainsi que celle de l'ammoniaque et des phosphates. Les nitrates subissent peu de variations. Quant à la pollution phénolique, elle est au contraire en régression.

- Le tableau n° 39 permet de constater que les dosages effectués par les Hollandais et les Allemands, sur les prélèvements simultanés de Lobith et Emmerich, concordent différemment selon l'élément envisagé : ainsi, moins de 4 % des dosages de chlorures et de sulfates et plus de 30 % des mesures de D.B.O. s'écartent de plus de 20 % des chiffres moyens. Cette constatation illustre la notion d'imprécision des mesures de D.B.O., notion signalée dans la première partie de ce travail.

TABLEAU 38 : Dosages de quelques éléments
de 1956 à 1962, à Lobith

- d'après les rapports de la Commission Internationale -

ANNEE	DEBIT m ³ /sec.	NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻		PO ₄ ⁻⁻⁻		PHENOL		D.B.O.5		O ₂ cédé par MnO ₄ K	
		mg/l.	kg/sec.	mg/l.	kg/sec.	mg/l.	kg/sec.	mg/l.	kg/sec.	mg/l.	kg/sec.	mg/l.	kg/sec.
1956	2.466	1,27	2,85	7,91	19,62	0,18	0,45	0,037	0,076	5,6	13,40	28,7	64,4
1957	2.140	1,53	3,10	9,41	19,87	0,22	0,46	0,032	0,064	6,1	12,45	32,6	66,2
1958	2.470	1,28	2,94	8,68	20,94	0,17	0,41	0,026	0,060	5,6	13,23	29,9	71,1
1959	1.553	2,29	2,91	8,40	13,21	0,20	0,36	0,027	0,041	7,8	11,05	41,6	57,7
1960	2.169	1,65	3,32	8,40	18,41	0,33	0,69	0,024	0,050	6,7	13,50	39,8	81,2
1961	2.486	1,54	3,46	10,00	24,80	0,36	0,90	0,020	0,050	6,3	15,08	35,4	82,1
1962	2.135	2,40	4,07	9,97	21,47	0,35	0,66	0,026	0,052	7,1	14,20	53,6	96,7

TABLEAU 39 : Comparaison de mesures effectuées
à Lobith et à Emmerich : Chlorures , sulfates , D.B.O.

- d'après les rapports de la Commission Internationale -

ELEMENT DOSE	NOMBRE TOTAL DE MESURES	ECART INFERIEUR A + 10 % DU CHIFFRE MOYEN	ECART ENTRE + 10 % ET + 20 % DU CHIFFRE MOYEN	ECART DE PLUS DE + 20 % DU CHIFFRE MOYEN
Cl ⁻	26	23	2	1
SO ₄ ⁻⁻⁻	26	22	3	1
D.B.O.5	26	11	7	8

L'examen sommaire de ces rapports de la Commission du Rhin nous montre ainsi le profit que l'on peut tirer d'une étude basée sur des prélèvements isolés, espacés de deux semaines et distants l'un de l'autre de 100 à 300 kilomètres. Tous les résultats nous paraissent parfaitement reliables entre eux et, vraisemblablement, très représentatifs de l'état du fleuve. Les indications qu'ils donnent sont d'ailleurs confirmées par un autre travail que nous allons succinctement présenter.

b) - PUBLICATION DE VAN HAAREN.

VAN HAAREN (46), en 1963, exposant les possibilités d'utilisation du Rhin comme source d'eau potable en Hollande, est amené à étudier sa teneur en certains éléments analysés dans les Rapports de la Commission du Rhin. Mais il cite des chiffres (dont nous ne pouvons d'ailleurs donner l'origine) antérieurs aux travaux de la Commission. C'est ainsi que la pollution par les chlorures est également constatée par VAN HAAREN. En 1930-1940, la teneur en cet élément n'excédait pas 80 mg/l. Depuis 1950, elle ne tomba jamais au-dessous de 110 mg/l. L'étude des charges en kg/seconde montre une augmentation constante de 1880 à 1918. Entre 1918 et 1938, la moyenne annuelle de cette charge se stabilise, et régresse même en 1920 et 1934, années de crise économique. Entre 1940 et 1945, elle diminue nettement et s'accroît régulièrement depuis 1946 : ceci confirme la progression faible de cette charge, constatée au cours de ces dernières années dans l'analyse des Rapports de la Commission du Rhin.

D'autres signes d'une augmentation de la pollution se manifestent : nous en résumons quelques-uns :

	1948	1955	1962
Couleur (degrés HAZEN).....	17	24	29
NO ₂ ⁻ en mg/l.....	0,08	0,15	0,23
NO ₃ ⁻ en mg/l.....	3,8	6	7,6
NH ₄ ⁺ en mg/l.....	0,54	1,10	2,20
N Albuminoïde.....	0,27	0,32	0,36

Quant à l'oxygène dissous, il diminue, de 9,5 mg/l à 7,7 mg/l et 6,4 mg/l.

On voit que les résultats des Rapports de la Commission s'inscrivent dans l'évolution générale de la composition du Rhin telle qu'elle nous apparaît d'après cet exposé.

B) ETUDE DU RENO EN ITALIE.-

Le Rhin pouvait être comparé au Rhône, mais la plupart de nos rivières sont très différentes : leur régime est très irrégulier ; leur longueur modeste. Dans ces conditions, les irrégularités de débit, le rapprochement obligatoire des points de prélèvement, ne sont-ils pas des éléments interdisant le calcul des moyennes ? Nous pensons répondre à cette question par l'analyse du travail de P. BISBINI, M. MARINELLI, F. CUTRUFELLI et leurs collaborateurs (35-36-37), sur le fleuve italien Reno qui, né dans les Apennins, traverse l'Emilie et se termine dans l'Adriatique, après un cours d'environ 150 kilomètres.

1) - Méthode suivie - Points de prélèvement - Analyses effectuées :

Le principe est le même que dans le cas du Rhin. Cependant, la fréquence des analyses est plus irrégulière et les points de prélèvement sont plus proches les uns des autres (10 kilomètres seulement).

Les points de prélèvement sont indiqués dans le tableau n° 40 : au total, 17 points sur 170 kilomètres, répartis en trois sections, chacune ayant été étudiée durant une année. Les auteurs pratiquèrent 17 prélèvements dans la première section, 35 dans la seconde, 31 dans la troisième.

Les éléments analysés sont la turbidité, les matières en suspension totales, le pH, l'alcalinité, la dureté, l'oxygène dissous, la D.B.O.5, l'oxydabilité chimique, les chlorures ; des examens bactériologiques et biologiques furent également pratiqués. Les mesures de débit ne sont pas indiquées dans la publication. Seul l'ordre de grandeur est signalé : 20 m³/seconde à la station 9 en 1962 ; 40 m³/seconde à l'aval du bassin en 1963, avec des variations de 2 m³/seconde à 325 m³/seconde.

Les prélèvements ont été effectués dans la même matinée pour toutes les stations, par puisage d'échantillon au centre du courant, à 10 ou 15 cm de la surface.

Par comparaison avec la méthode que nous avons suivie, on peut noter la plus grande fréquence des prélèvements et le rapprochement des points de prélèvement.

2) - Présentation et interprétation des résultats :

Le tableau n° 40 présente, pour les éléments analysés les plus caractéristiques, la valeur moyenne et les valeurs extrêmes trouvées.

Nous nous intéresserons surtout à l'étude de la *D.B.O.5 et des chlorures* ; nous nous efforcerons de vérifier si les variations observées résultent apparemment de causes précises et si les calculs de moyenne apparaissent valables.

La moyenne des D.B.O. subit dans la première section une élévation à la station n° 3 et aux stations 8 et 9. Ces variations traduisent, semble-t-il, des pollutions par déversement d'égouts de petites villes voisines. L'augmentation des chlorures, très importante à la station 3 (en même temps que la première élévation de la D.B.O.), puis leur diminution concordant à la diminution de la D.B.O., laissent planer un doute sur l'origine de celle-ci : l'auto-épuration, n'ayant pas d'influence sur les taux de chlorures, explique moins ces faits qu'une dilution.

L'élévation suivante de la D.B.O. se situe à la station 10, la dernière à la station 15. Elles correspondent aux rejets de pollutions domestiques et industrielles entre les stations 9 et 10 d'une part, 14 et 15 d'autre part. Ce dernier rejet provient de l'apport, par le lit d'un ancien affluent, des principaux égouts de Bologne : on pourrait s'attendre à ce qu'il provoque une élévation plus élevée de la D.B.O. du Reno. Mais, durant les 40 kilomètres séparant Bologne du fleuve, l'auto-épuration a pu détruire une importante fraction des matières organiques. Ainsi, les augmentations de la D.B.O. correspondent bien à des causes réelles de pollution.

TABLEAU 40 résumant quelques-uns des résultats obtenus sur le Reno
- par BRISBINI et collaborateurs (35 - 36 - 37) -

N° (DE LA STA- TION)	NOM DE LA STATION DE PRELEVEMENTS	DISTANCE ENTRE LA SOURCE ET LA STATION	CONDUCTIVITE $\mu S/cm$ Moyenne Min.-Max.	DURETE degrés français Moyenne Min.-Max.	OXYGENE DISSOUS		D.B.O.5 mg/litre Moyenne Min.-Max.	IONS Cl^- mg/litre Moyenne Min.-Max.
					% SATURATION	mg/litre		
1	Pracchia.....	10 km	221 184 245	8,9 8 9,6	100,4 92,8 109	11,1 9,6 12,4	1 0,4 2,1	4,7 3,6 7,1
2	Ponte della Venturina	20	271 243 316	14,6 13,8 15,7	115 89 143	12,3 9,5 14,5	1,6 0,8 2,6	6,8 3,2 9,2
3	Confluenza con Silla.....	25	463 285 740	17,5 13,7 19	109,8 86 162	11,7 8,1 15,5	2,5 0,9 5,7	54,9 16,3 119,3
4	Riola di Vergato	35	320 240 485	15,2 12,1 18	104 94 112	11,2 9,3 13,6	1,5 0,6 2,3	20,4 9,9 56,8
5	Vergato.....	45	283 243 383	14,2 12,2 16	101,3 89 115	11 8,3 13,0	1,6 0,8 2,3	10,9 7,8 20,6
6	Sibano.....	55	263 209 318	13,7 11 16,2	106,3 93 122	11,6 9,5 14,1	1,3 0,6 2,1	9,8 6,4 12,8
7	Panico.....	60	294 216 419	15,3 12,1 19,2	103,9 74 174	11,2 8,7 13,9	1,4 0,8 2,1	10,1 5,7 17,8
8	S.S. Porrettana km 75.....	70	239 228 352	14,8 12,1 18,3	93,1 63 108	10,9 6,4 14,5	2,5 1,5 3,7	10,1 7,1 17,8
9	Lido di Casalecchio.	76	322 237 425	16,7 12,3 21	93,1 63 108	9,7 5,4 13,2	3,3 1,7 6,4	11,4 7,1 17,1
10	Pescarola.....	85	476 214 765	20,8 12,9 30,5	71,9 0 208	7,5 0 17,1	14,5 1,9 47,6	27,0 8,6 60,3
11	Bagno di Piano..	91	494 212 777	24,4 12,9 32,3	89,9 53 167	9,1 5,1 13,5	3,6 1,4 8,0	20,9 8,5 38,5
12	Dosso.....	106	574 238 947	28,2 12,2 41,4	93,7 72 134	9,3 6,7 11,9	2,9 1,0 6,8	22,4 8,5 39,1
13	S. Prospero.....	116	549 238 813	27,2 14,7 33,7	96,8 81 171	9,5 6,5 13,5	2,4 0,7 5,4	21,7 8 36,7
14 1962	Malalbergo.....	124	549 255 840	27,1 14,1 38,8	99,3 84 138	9,6 7,1 12,8	2,3 0,8 4,6	21,4 5,0 32,7
14* 1963	Malalbergo.....	124	416 255 607	20,3 14,1 31,1	82,6 68 96	8,1 5,8 11,1	3,1 1,0 12,5	15,2 9,5 21,3
15	S. Maria Codifiume.....	136	469 291 801	21,4 15,5 30,9	46,3 0 87	4,7 0 10,1	15 3,2 51,4	19,8 12,3 38,7
16	Passo del Margone....	144	463 291 728	21,15 15,5 30,5	53,1 0 23	5,1 0 18,9	12,4 3,8 40,2	19,4 11,2 33,5
17	Filo di Argenta.	169	516 291 777	24 16,1 30,8	61,8 16 141	5,9 1,4 11,2	9,7 2,9 32,4	22,5 11,3 35

* Certains résultats ont été arrondis à la décimale supérieure la plus proche.

La diminution à la station 11 par rapport à la station 10 semble résulter au moins partiellement de l'auto-épuration : les taux de chlorures diminuent certes également, ce qui laisse supposer une dilution. Mais cette diminution ne représente pas le tiers du total, alors que la diminution de la D.B.O. représente les 3/4.

La diminution aux stations 16 et 17 par rapport à la station 15 semble le résultat d'une auto-épuration, mais celle-ci est lente ; les taux de chlorures, non seulement ne diminuent pas, mais augmentent, soit qu'ils traduisent une accumulation de petites pollutions qui expliquerait l'influence réduite de l'auto-épuration, soit qu'ils résultent d'un apport d'eau plus salée que le Reno en amont (proximité de la mer) et, de ce fait, traduisent une légère dilution.

De l'ensemble des résultats, on peut conclure :

1° - La physionomie de la rivière résultant de l'examen des moyennes paraît vraisemblable et en accord avec les circonstances des prélèvements.

2° - Le manque d'indication de débit est gênant pour certaines interprétations : nous avons éprouvé les mêmes difficultés au cours de notre enquête. En regard des différences constatées à la même station 14 étudiée en 1962 avec la deuxième section, et en 1963 avec la troisième section, on aimerait avoir connaissance des débits moyens de ces deux années.

3° - Les variations observées aussi bien dans les mesures de D.B.O. que dans celles des chlorures sont considérables : à toutes les stations il a été trouvé des résultats pratiquement normaux de D.B.O. ; des prélèvements isolés auraient pu amener à considérer comme correct le fleuve en des emplacements généralement pollués.

Remarque : Nous n'avons pas discuté des examens bactériologiques qui, dans notre étude, ne joue qu'un rôle accessoire : dans l'ensemble, les variations du nombre de germes suivent l'évolution de la pollution générale du fleuve. Mais il convient de signaler l'irrégularité des résultats : il n'est pas rare, pour une même station, de voir le nombre de coliformes ou d'entérocoques osciller dans les proportions de 1 à 100, voire de 1 à 1.000, et le nombre de germes totaux dans celles de 1 à 1.000, voire de 1 à 5.000. Dans les deux dernières sections, le nombre moyen de coliformes ne descend qu'exceptionnellement au-dessous de 10.000 et atteint le million dans les stations les plus polluées⁽¹⁾.

On pourrait rapprocher de cette étude sur le Reno une étude conduite sur l'Arno par SAN TOPADRE et LAPUCCI et en tirer les mêmes conclusions (45).

C) CONCLUSION.-

L'étude d'une rivière par l'examen d'échantillons isolés, prélevés en différents emplacements, est susceptible en pratique de donner d'excellents résultats, à condition que :

- on ne tienne pas compte d'un seul résultat obtenu à partir d'un seul échantillon en un point donné, mais d'une moyenne calculée à partir du plus grand nombre possible d'échantillons ;

(1) - Cette irrégularité des résultats de dénombrement bactérien a été signalé dans la thèse de P. LEGER (43) sur la pollution, uniquement microbienne, de l'Isère.

- on puisse, dans la mesure du possible, relier ces résultats au débit de la rivière ;

- on exprime les résultats en mg/l, pour évaluer une pollution dans une période de temps donnée et la comparer à la pollution d'un autre emplacement du cours d'eau dans la même période ;

- on exprime les résultats en kg/seconde, pour étudier l'évolution de la pollution à des périodes différentes en un emplacement donné.

2° - ETUDES PAR PRELEVEMENTS MULTIPLES DANS UNE "COUPE" DE RIVIERE

Des prélèvements au centre du courant peuvent ne pas être représentatifs de la qualité de l'ensemble d'une rivière, à l'emplacement choisi. Imaginons une section de rivière en aval d'une pollution déversée de la rive ; supposons que cette pollution, sur une assez grande distance et notamment à hauteur de la prise d'échantillon, se limite aux eaux en bordure de cette rive : les prélèvements, au centre de la rivière, si répétés qu'ils soient, ne mettront jamais en évidence cette pollution. Or, le cas se présente fréquemment en pratique. Le manque d'homogénéité de certains secteurs de rivières a été maintes fois traité dans des revues spécialisées, notamment dans la Tribune du CEBEDEAU (41, 48). Un de ces exposés cite de nombreux exemples de non homogénéisation : le Danube à Budapest (40), le Tibre à Rome (44) ; ont leurs rives beaucoup plus polluées que leur centre ; la Save, dont la composition près des deux rives demeure différente sur 40 kilomètres, après décharge de l'une d'elles d'effluents provenant d'une raffinerie de pétrole. Deux exemples français : l'un sur la Garonne (39) qui ne nous intéresse guère, car un facteur inexistant dans notre région intervient : la marée ; l'autre sur le Rhône et la Saône (38) : c'est ce dernier travail qui va retenir principalement notre attention, ainsi que quelques études du CEBEDEAU.

A) TRAVAUX DE M. CHAMBON SUR LA "DETERMINATION DE LA POLLUTION ET DE L'AUTO-EPURATION D'UN FLEUVE" (38).-

Cet auteur, s'attachant à l'étude de la pollution du Rhône et de la Saône dans la traversée de l'agglomération lyonnaise, décrit une technique d'étude intéressante.

1) - Méthode - Points de prélèvements - Analyses effectuées :

Le principe est de pratiquer, au lieu choisi, une série de prélèvements sur une "tranche" de rivière permettant, par un "quadrillage" serré, de mettre en évidence l'état de cette rivière sur toute sa largeur et sa profondeur, et non seulement au centre de son courant.

Les points de prélèvements ont été fixés sur le Rhône à Anthon, au cours Suchet, en amont du confluent avec la Saône, à la Mulatière, à Feyzin

et à Estressin (immédiatement en amont de Vienne) ; sur la Saône, en amont du confluent. En chaque emplacement, les opérations décrites ci-après ont été effectuées une seule fois et à des dates différentes pour chacun d'eux, s'échelonnant du 7 juin 1957 au 7 février 1958 et toujours séparées par un intervalle de temps d'au moins trois semaines.

Le mode opératoire consiste à tendre un câble, d'une rive à l'autre, le long duquel se déplace une embarcation. On détermine ainsi le profil du fleuve et, selon l'aspect de ce dernier, on choisit des axes verticaux, virtuels, le long desquels des prélèvements seront effectués à différentes profondeurs ; afin de fixer les idées, pour une largeur de l'ordre de 150 m, 5 axes sont choisis, distants d'une vingtaine de mètres ; pour une profondeur de 3 à 5 mètres, 3 à 4 échantillons sont prélevés. Pour chaque emplacement, la vitesse de déplacement du courant est évaluée.

Les éléments analysés sont les éléments les plus classiquement étudiés : matières en suspension fixes et volatiles, extrait sec (matières en solution) fixe à 110° et volatil à 750°, dureté, chlorure, oxygène dissous et D.B.O., azote ammoniacal, nitreux et nitrique, numérations bactériologiques des germes totaux, des *Escherichia coli*, coliformes, streptocoques fécaux, *Clostridium perfringens*.

2) - Interprétation des résultats :

De cet important travail, représentant quelques 120 déterminations, nous ne retiendrons que quelques aspects utiles à notre exposé. Les résultats de chlorures, de T.H. et de D.B.O., indiqués par l'auteur, attirent surtout notre attention.

A hauteur du **cours Suchet**, l'eau des rives, en particulier de la rive gauche, présente des qualités nettement différentes de celles du centre du courant : la différence de concentration varie entre ces points de 1 à 5 pour les chlorures et de 1 à 7 pour la D.B.O. Trois semaines après, dans la série de prélèvements effectués un peu plus en aval, en amont du confluent (P.K. 0,400), une différence est également observée, quoique nettement moins marquée entre les rives et le centre.

La plus intéressante de ces séries de prélèvements est celle du Rhône à **la Mulatière**. Il est facile de reconnaître les eaux correspondant à la Saône et celles correspondant au Rhône : les taux de chlorures sont en effet toujours bas dans le Rhône, de l'ordre de 5 mg/l, alors qu'ils sont toujours plus élevés dans la Saône où ils s'échelonnent de 30 à 250 mg/l. Les chlorures sont donc des témoins très sensibles de l'homogénéité du fleuve. Or, à la Mulatière (P.K. 1.300), les taux de chlorures varient considérablement selon les axes de prélèvement : sur l'axe le plus près de la rive gauche, le taux de 6 mg/l est très légèrement plus élevé que les taux des deux axes situés au centre (5 mg/l), traduisant sans doute l'apport des égouts de la rive gauche du Rhône, non encore totalement réparti dans la masse du fleuve. Les trois derniers axes permettent d'observer successivement (du centre vers la rive droite) des taux de 24 mg/l, 15 mg/l et 31 mg/l. Les variations de T.H. se retrouvent exactement calquées sur celles des chlorures, avec cependant des écarts moins importants (les duretés du Rhône et de la Saône diffèrent moins que les concentrations en chlorures).

Le jour où l'étude fut entreprise à *Feyzin*, l'homogénéisation semble, ce jour-là, en voie de réalisation : pas de veines disparates au milieu des autres, mais une diminution régulière (de la rive droite à la rive gauche) de la dureté et des taux de chlorures montre que cette homogénéisation n'est pas totale.

A ces deux emplacements, il est bien évident qu'un prélèvement au centre de la rivière risque de n'être pas représentatif de sa composition et de sa pollution, selon que, au gré des variations de débits du Rhône et de la Saône, il représente une prédominance des eaux de l'un ou de l'autre de ces fleuves.

Par contre, l'étude effectuée à *Estressin* montre pratiquement une constance des duretés et des concentrations en chlorures entre les différents échantillons. Il semble qu'en cet endroit un prélèvement au centre de la rivière représente fidèlement le mélange des eaux de la Saône et du Rhône.

Cette homogénéité minérale n'entraîne pas obligatoirement une homogénéité organique : depuis l'apport de la Saône, le Rhône a pu recevoir des déversements dont les constituants minéraux diffèrent peu de ceux des eaux du Rhône, mais qui apportent des quantités importantes de matières organiques : celles-ci sont souvent en quantités plus grandes sur les bords.

Pourquoi n'avoir pas parlé de la D.B.O. comme test de l'homogénéité d'une "tranche" de rivière ? C'est que l'interprétation des résultats de cette mesure est souvent difficile. Devant deux résultats différents de D.B.O., on ne sait jamais si cette différence provient réellement de teneurs différentes en matières organiques ou simplement des imprécisions de l'analyse. En présence de résultats anarchiques de D.B.O., il est bon d'observer le tableau analytique complet de la tranche : si les D.B.O. seules sont irrégulières, il est bon de n'admettre qu'avec prudence le résultat ; si les taux de chlorures et des T.H. ne sont pas homogènes, on ne sera pas étonné de trouver des résultats de D.B.O. discordants. En résumé, cette technique de "quadrillage des prélèvements" nous paraît d'un grand intérêt pour s'assurer de l'homogénéité des eaux d'une rivière.

Dans le cas de rivière non homogène, cette méthode permet d'avoir un aperçu général de sa qualité à l'endroit du prélèvement, alors qu'un seul échantillon ne saurait l'exprimer. Mais, dans un cas comme dans l'autre, elle ne livre qu'un aspect instantané de la rivière. Comme pour la méthode précédente, il convient de répéter les prélèvements en un point donné pour pouvoir juger de son état.

B) TRAVAUX DE CEBEDEAU SUR LA MEUSE EN 1963.-

Pour étudier la pollution de la Meuse, le "CEBEDEAU" utilisa, en 1963, un bateau équipé d'une pompe qui aspirait l'eau à des profondeurs différentes : 0,50 - 1,50 - 2,50 m, par exemple ; le bateau se déplaçait transversalement à la direction du courant et prélevait régulièrement, tous les 10, 20, 30 m ..., de l'eau aux différentes profondeurs : on obtenait ainsi un mélange des diverses couches.

Cette technique, intéressante dans le cas de la Meuse, rivière de grande largeur, profonde et surtout très lente, n'est pratiquement applicable à aucune de nos rivières : le courant trop rapide rend le trajet transversal difficile, les irrégularités du fond ne permettent guère la prise d'eau à trois profondeurs fixes.

3° - ETUDES TENANT COMPTE DE LA VITESSE DE DEPLACEMENT DU COURANT

Les méthodes précédentes ne donnent qu'une image instantanée de la rivière au moment du prélèvement. La multiplication des prises d'échantillon en corrige les inconvénients par l'établissement de moyennes qui représentent assez bien, en général, l'état réel du cours d'eau. Mais une erreur systématique reste possible : par exemple, VAN HAAREN (46) signale, à Lobith, des taux de chlorures régulièrement plus bas un jour par semaine, jour qui correspond à celui où, en Alsace, les eaux du Rhin n'ont pas reçu leur charge industrielle du fait du week-end. Si, ignorant ce fait, on choisissait ce jour pour les prélèvements, cette pollution minérale ne serait jamais mise en évidence.

A) TRAVAUX DU CEBEDEAU, DE LIEGE, SUR LA MEUSE.-

Dès 1956, E. LECLERC et P. BEAUJEAN (42) ont précisé que dans l'étude d'une rivière "...il faut absolument établir le temps que met l'eau... pour aller d'un point à un autre".

Ce principe fut mis en application dans une "Etude des eaux de la Meuse en 1963" (49). Les rapporteurs de cette "activité du CEBEDEAU" précisent que :

"... avant cette date on s'était attaché à vérifier l'état des eaux de la Meuse sur un certain nombre de points définis en un ou deux jours ; les résultats obtenus étaient des valeurs instantanées, c'est-à-dire valables pour le moment et pour l'endroit où le prélèvement était effectué. Il était difficile de relier entre eux les résultats obtenus sur le cours du fleuve. En 1963, au contraire, on a cherché à étudier, dans la mesure du possible, la modification apportée à une même tranche d'eau se déplaçant de l'amont vers l'aval".

Le mode opératoire est le suivant : les auteurs déterminent une portion de fleuve correspondant à un temps de passage de l'eau d'environ un jour ; la vitesse de la Meuse étant de 0,15 m/seconde, ils choisissent un secteur de 14 kilomètres et fixent des points de prélèvement distants d'environ 2 kilomètres les uns des autres. En chaque point, les échantillons sont prélevés en principe toutes les 4 heures.

Les résultats obtenus montrent, entre autres, que lors d'un parcours de 7 kilomètres, représentant environ 14 heures d'écoulement, 90 % des phénols et 75 % des hydrocarbures ou graisses lourdes, dissous ou émulsionnés, sont dégradés. Au contraire, les détergents ne sont pas touchés.

B) TRAVAUX DE L'INSTITUT PASTEUR DE LYON, SUR LA BOURBRE, EN 1965.-

Nous avons vu que les conditions d'étude de la Meuse sont très particulières et ne correspondent guère à celles que nous rencontrons généralement dans notre région.

Des études préparatoires nous ont paru utiles pour mettre au point une technique inspirée de ces principes et applicable aux rivières de la région Rhône-Alpes.

Le choix de la Bourbre comme premier exemple d'étude résulte des raisons suivantes :

- D'après notre enquête de 1964, on constate une pollution organique très importante à l'aval de Bourgoin, mais beaucoup plus faible en amont du confluent avec le Rhône ; il est donc probable qu'une auto-épuration intense se produit. Son étude permettra d'en préciser les modalités et de vérifier la pollution d'une rivière dans une zone considérée comme "critique".

- En aval de Bourgoin et presque jusqu'à Jameyzieu, la Bourbre est canalisée ; sa vitesse est assez constante ; ce dernier point nous met dans les meilleures conditions pour relier les prélèvements en fonction du déplacement de la rivière.

- Au milieu de cette partie canalisée, la Bourbre reçoit l'apport des eaux d'un canal d'assèchement ; on dispose ainsi d'un véritable système expérimental permettant de voir l'influence d'un affluent propre sur une rivière polluée.

Cette étude fait l'objet d'une publication particulière (46). Nous n'exposerons ici en détail que les points intéressant ce chapitre de notre travail. Cependant, les résultats obtenus en 1965 complétant notre enquête de 1964 sur la pollution de cette rivière, nous en reproduisons ci-après le tableau récapitulatif (tableau n° 41).

1) - Méthode suivie - Points de prélèvements - Analyses effectuées :

Les points de prélèvements s'échelonnent de l'aval de la-Tour-du-Pin au confluent avec le Rhône. Nous les indiquons tous de façon à pouvoir interpréter le tableau des résultats, mais seule la partie canalisée importe pour le sujet de ce chapitre.

- Point A : en aval de la-Tour-du-Pin.
- Point B : en aval de Cessieu et du confluent avec l'Hien, au pont de Coiranne. Ce point correspond au point R.Bo₅ de notre enquête générale de 1964.
- Point C : en amont de Bourgoin. Au pont de la route N. 6.
- Point D : en aval de Bourgoin, au pont de la route reliant le-Temple-de-Vaulx à l'Isle-d'Abeau. Ce point correspond au point R.Bo₃ de notre enquête générale. Il est situé environ 2 kilomètres en aval de la réunion, en un seul lit, des différents canaux recevant les pollutions bergusiennes. C'est notre point principal de référence pour l'étude de l'auto-épuration.
- Point E : 3 kilomètres en aval de D. Au pont dit de la Guinguette.
- Point F : 5 kilomètres en aval de D. Au pont sur la route reliant la Verpillière à Frontonas.
- Point G : 9 kilomètres en aval de D. Au pont de Chaffart. La Bourbre a reçu, 2 kilomètres en amont, le canal d'assèchement de Catelan.
- Point H : 14 kilomètres en aval de D. Au pont de Jameyzieu, correspondant au point R.Bo₂ de l'enquête 1964.

- Point I : 21 kilomètres en aval de D. Au pont du Bouchet, correspondant à R.Boi.

- Point K : point de prélèvement sur le canal de Catelan, correspondant au point F de la Bourbre ; au pont de la route allant de la Verpillière à Frontonas.

Le débit de la Bourbre le 13 janvier 1965, jour de notre étude, était de 2 m³/seconde environ au pont du Temple (D), 4 m³/seconde au pont de Chaffart ; le débit du canal de Catelan de 1,50 m³/seconde. La vitesse de la Bourbre et du canal était de 0,50 m³/seconde⁽¹⁾.

Le nombre des prélèvements varie selon les emplacements. En D, point de départ de notre étude sur l'auto-épuration, 20 échantillons furent prélevés durant les 24 heures de l'expérience, toutes les heures ou 3/4 d'heures le jour, toutes les 2 ou 3 heures la nuit. Aux autres points (E, F, G, H et K), 10 échantillons furent prélevés toutes les 2 heures environ le jour et toutes les 3 heures la nuit.

Les éléments analysés sont essentiellement la D.B.O. et les chlorures : la D.B.O. nous permet d'apprécier la diminution des matières organiques et de la relier à l'auto-épuration, but principal du travail ; les chlorures, non dégradés dans les rivières, servent de test, permettent de vérifier expérimentalement la vitesse de déplacement de la rivière et de déceler éventuellement l'influence d'une dilution.

En outre, les déterminations d'oxygène dissous, de résistivité, de sodium, de l'alcalinité, du pH, les estimations de l'odeur et de la turbidité, complètent et vérifient ces examens de base.

Sur quelques échantillons, les mesures de l'oxydabilité au permanganate, des matières en suspension, complètent la documentation sur la pollution organique ; l'analyse d'autres ions (Ca ou Mg, sous forme de titre hydrotimétrique, sulfates, nitrates), permettent, par la balance ionique, de s'assurer de la justesse des dosages.

2) - Résultats et interprétations :

- Evolution du taux des chlorures :

Le taux de base peut être fixé à 9 ou 14 mg/l (0,25 ou 0,40 milliéquivalents/l) : ce taux est trouvé, en D, dans les prélèvements effectués le matin de 8 à 12 heures, et à la fin de la nuit. Entre temps, les taux se sont élevés pour atteindre le maximum de 32 mg/l (0,90 milliéquivalents/l) vers 15 ou 16 heures, puis ont diminué à 18 mg/l (0,50 méq/l) à 17 heures, pour atteindre dans la nuit le taux de base.

Cette concentration maximum à 15-16 heures se retrouve dans tous les prélèvements en aval jusqu'au point G, à l'heure prévue, en tenant compte de la vitesse d'écoulement de 0,50 m/seconde. En E et F, le taux maximum ne subit pas de changement. En G, la Bourbre reçoit le canal de Catelan qui, peu riche en cet élément (9 à 10 mg/l), amène une diminution de la concentration, nette au moment de son maximum. Les taux de chlorures, déterminés analytiquement en G, correspondent aux taux calculés à partir des taux de chlorures aux points K et F et des débits de la Bourbre et du canal. Ainsi, aucune diminution du taux de chlorures ne se produit dans la Bourbre, entre D et G, hors celle résultant de la dilution du canal.

(1) - Les débits et vitesses ont été mesurés par M. BILLUARD, Ingénieur du Service d'Etude des Débits de la 6e Circonscription Electrique, qui a obligeamment accepté de collaborer à ce travail.

Un très léger décalage d'horaire semble se produire dans le passage de la concentration maximum au point H : un ralentissement de certaines veines de la rivière, des infiltrations dans ce secteur où la canalisation de la Bourbre n'est plus aussi régulière qu'auparavant, en sont-ils la cause ?

Les résultats des mesures de résistivité et de Na renforcent ces conclusions.

- Evolution des D.B.O. :

Cette évolution est plus difficile à suivre : relativement basse (de l'ordre de 30 mg/l néanmoins) en D, à 8 et 9 heures du matin, le maximum est atteint vers 13 heures. Le taux subit alors des variations et la courbe des valeurs de D.B.O. en fonction du temps est "en dents de scie" ; à 16 heures, une baisse s'amorce et, vers minuit, on atteint à nouveau les taux de 30 mg/l.

De E à G, on obtient des courbes analogues mais d'amplitude moins élevée. L'abaissement est plus marqué en G, du fait de l'apport du canal.

Le maximum de concentration, très net pour les chlorures, l'est beaucoup moins pour la D.B.O. Aussi, est-il plus facile de noter le début de l'augmentation qui se produit en D vers 13 heures. Celle-ci, en tenant compte de la vitesse de la Bourbre, 0,50 m/seconde, débute à l'heure prévue en E et F. Mais, en G, elle est plus tardive, et plus encore en H.

Les calculs de moyenne des résultats de D.B.O. en E, F, G et H, permettent d'estimer l'abaissement en ces points successifs, malgré les variations des dosages pris isolément. Cette moyenne est de 50 mg/l en D, 48 mg/l en E, 43 mg/l en F, 23 mg/l en G et 19 mg/l en H. La diminution entre F et G provient en partie de l'apport du canal de Catelan, de D.B.O. faible (environ 3,5 mg/l) et riche en oxygène dissous : non seulement il améliore la Bourbre par jeu de dilution, mais aussi par l'apport d'une importante réserve d'oxygène. Par le calcul, on avait pu prévoir en G la teneur en chlorures après la jonction de la rivière et du canal ; par ce même calcul, la D.B.O. en G devrait être de 29 mg/l ; elle est de 23 mg/l ; donc, il y a eu à la fois dilution et auto-épuration.

Sur les 14 kilomètres du parcours étudié, la D.B.O. diminue donc de 31 mg : 14 mg d'entre eux résultent de la simple dilution par le canal, 17 mg de l'auto-épuration. On peut, sur l'ensemble du parcours, estimer cette auto-épuration à 1 mg par kilomètre ; entre chaque station, on retrouve très approximativement cette consommation.

- Interprétation :

Nos résultats montrent que la Bourbre est plus polluée par les matières organiques à la sortie de Bourgoin que 15 kilomètres en aval, et cette amélioration résulte partiellement de l'auto-épuration : cette conclusion aurait pu ne pas être mise en évidence par les techniques de prélèvements ne tenant pas compte de la vitesse de déplacement. Un prélèvement unique, effectué à 7 heures au point G (prélèvement G₁₀ du tableau n° 41), montrerait une D.B.O. à 40 mg/l ; un prélèvement effectué immédiatement après, à 7 h. 30, au point D (prélèvement D₂₀), montrerait une D.B.O. à 30 mg/l ; la conclusion résultant de ces deux examens serait que la Bourbre est plus polluée en G qu'en D.

Cependant, les conditions expérimentales de 1965 n'étaient pas les meilleures. Nous avons bien précisé que ce travail était un travail d'études, de recherche de méthode et non d'application d'une technique rigoureusement établie. Les 24 heures de l'expérience ont été les mêmes pour tout le cours de la Bourbre. Or, la Bourbre met environ 8 heures pour aller de D à H : aux premiers prélèvements effectués à la station H, correspondent des eaux ayant passé en D avant le début de l'expérience ; les tranches prélevées en D durant les 8 dernières heures ne passent en H qu'après la fin de cette période. Pour être exacte, notre comparaison n'aurait dû porter que sur les prélèvements effectués en D pendant les 16 premières heures. En outre, à chaque prélèvement en D, aurait dû correspondre un prélèvement en H : or, la fréquence de nos prélèvements ayant été plus grande le jour que la nuit, un plus grand nombre de prélèvements ont été faits en D durant les 16 premières heures de l'expérience qu'en H durant les 16 dernières.

Les variations dans l'horaire et le nombre des prélèvements ont pu avoir une incidence sur les résultats : nous analysons celle-ci dans l'exposé de cette enquête. Nous ne les signalons dans ce chapitre que pour permettre de dégager les meilleures conditions d'étude que nous proposons dans le dernier chapitre de ce travail.

**TABLEAU 41 : Dosage de quelques éléments
des eaux de la Bourbre**

STATIONS :	T :	pH :	OXYGENE DISSOUS :	DBO :	MnO ₄ K :	MATIERES EN SUSPENSION :	R :	TH :	Na ⁺ :	TAC :	Cl ⁻ :	SO ₄ ⁻⁻ :
(:	(:	(:	% :	mg/l :	mg/l :	0 M :	(:	(:	mg/l :	(:	mg/l :	mg/l :
A1 :	4,5° :	7,5 :	70 9,1 :	5,3 :	2,8 :	11 4 :	2.200 :	5,10 :	12,56 :	4,80 :	18,46 :	12,0 :
A2 :	5° :	7,7 :	76 9,7 :	5,5 :	:	:	2.200 :	:	11,04 :	4,85 :	17,04 :	:
A3 :	6,5° :	7,8 :	74 8,9 :	5,7 :	:	:	2.200 :	:	9,82 :	5,0 :	12,43 :	:
A4 :	6° :	7,9 :	68 8,4 :	6,5 :	:	:	2.100 :	:	10,72 :	5,05 :	13,50 :	:
A5 :	5,5° :	7,8 :	63 8,0 :	5,5 :	:	:	2.150 :	:	10,42 :	4,95 :	14,20 :	:
A6 :	5° :	7,7 :	56 7,2 :	12,0 :	:	:	2.100 :	:	10,12 :	5,0 :	15,56 :	:
B1 :	6° :	8,2 :	76 9,5 :	50 :	:	:	1.950 :	:	13,50 :	5,70 :	12,07 :	:
B2 :	6° :	8,3 :	68 8,5 :	115 :	116 :	312 185 :	1.750 :	6,32 :	16,86 :	6,50 :	16,33 :	8,11 :
B3 :	6,5° :	8,4 :	70 8,6 :	70 :	:	:	1.800 :	:	11,96 :	6,40 :	15,27 :	:
B4 :	6,5° :	8,1 :	73 8,9 :	45 :	:	:	2.000 :	:	10,72 :	5,60 :	13,14 :	:
B5 :	6° :	8,1 :	72 9,0 :	45 :	:	:	2.080 :	:	10,72 :	5,45 :	13,14 :	:
B6 :	5° :	7,8 :	72 9,2 :	72 :	:	:	2.080 :	:	11,34 :	5,30 :	11,36 :	:
C1 :	6° :	7,9 :	74 9,2 :	32 :	:	:	2.100 :	:	11,64 :	5,05 :	12,07 :	:
C2 :	6° :	8,1 :	73 9,1 :	39 :	:	:	2.080 :	:	11,42 :	5,50 :	13,49 :	:
C3 :	6,5° :	8,0 :	76 9,4 :	30 :	:	:	2.125 :	:	11,64 :	5,20 :	10,65 :	:
C4 :	6,5° :	7,7 :	74 9,0 :	35 :	21,6 :	54 40 :	2.050 :	5,60 :	11,04 :	5,60 :	11,36 :	10,66 :
C5 :	6° :	7,9 :	73 9,0 :	32 :	:	:	2.120 :	:	9,50 :	5,50 :	10,30 :	:
C6 :	6° :	7,6 :	73 9,0 :	40 :	:	:	2.160 :	:	9,82 :	4,80 :	10,65 :	:
C7 :	3,5° :	7,8 :	70 9,3 :	25 :	:	:	2.160 :	:	8,90 :	4,85 :	10,65 :	:
C8 :	3,5° :	7,8 :	67 9,0 :	21 :	:	:	2.120 :	:	9,50 :	5,15 :	10,65 :	:
C9 :	3° :	7,8 :	69 9,3 :	22 :	:	:	2.120 :	:	9,50 :	5,10 :	10,65 :	:
D1 :	7,5° :	7,5 :	49 6,0 :	30 :	18,4 :	27 35 :	2.050 :	5,44 :	13,80 :	5,10 :	9,59 :	15,55 :
D2 :	7° :	7,4 :	49 6,0 :	25 :	16,4 :	33 42 :	2.050 :	5,44 :	14,10 :	5,10 :	10,30 :	15,50 :
D3 :	7° :	7,3 :	47 6,7 :	38 :	18,4 :	29 35 :	2.000 :	5,60 :	15,32 :	5,20 :	9,59 :	15,50 :
D4 :	6,5° :	7,4 :	42 5,2 :	:	:	:	1.900 :	:	19,02 :	5,40 :	12,07 :	:
D5 :	7° :	7,5 :	36 5,0 :	40 :	:	:	1.900 :	:	19,32 :	5,40 :	10,65 :	:
D6 :	7° :	7,5 :	30 4,6 :	60 :	:	:	1.850 :	:	22,08 :	5,55 :	12,43 :	:
D7 :	7° :	7,5 :	37 4,0 :	38 :	:	:	1.850 :	:	20,86 :	5,45 :	14,20 :	:
D8 :	7° :	7,4 :	30 3,9 :	78 :	:	:	1.800 :	:	19,32 :	5,60 :	15,27 :	:
D9 :	7° :	7,4 :	29 3,5 :	80 :	34,4 :	107 112 :	1.700 :	5,52 :	41,12 :	5,90 :	27,69 :	13,25 :
D10 :	9,5° :	7,7 :	39 4,4 :	50 :	:	:	1.600 :	:	36,80 :	5,80 :	37,99 :	:
D11 :	8,5° :	7,5 :	30 3,5 :	48 :	39,6 :	106 94 :	1.600 :	5,52 :	39,30 :	6,15 :	28,76 :	13,54 :
D12 :	8° :	7,5 :	29 3,5 :	60 :	:	:	1.690 :	:	31,90 :	5,95 :	23,43 :	:
D13 :	7° :	7,6 :	31 3,8 :	47 :	25,2 :	59 51 :	1.730 :	5,52 :	29,40 :	5,95 :	20,24 :	11,52 :
D14 :	8° :	7,3 :	29 3,6 :	85 :	:	:	1.800 :	:	29,40 :	5,55 :	17,40 :	:
D15 :	5° :	7,2 :	23 2,9 :	60 :	:	:	1.830 :	:	19,01 :	5,35 :	18,46 :	:
D16 :	6° :	7,2 :	34 4,3 :	50 :	:	:	1.900 :	:	17,48 :	5,50 :	18,82 :	:
D17 :	5° :	7,3 :	40 4,9 :	60 :	:	:	1.950 :	:	19,94 :	5,40 :	16,33 :	:
D18 :	5,5° :	7,4 :	44 5,6 :	35 :	:	:	1.980 :	:	14,42 :	5,25 :	13,49 :	:
D19 :	5,5° :	7,5 :	47 6,0 :	30 :	:	:	1.950 :	:	16,24 :	5,30 :	14,20 :	:
D20 :	6° :	7,5 :	48 6,0 :	30 :	:	:	1.950 :	:	13,48 :	5,30 :	14,20 :	:

TABLEAU 41 (suite)

STATIONS	T	pH	OXYGENE DISSOUS		DBO	MnO ₄ K		MATIERES EN SUSPENSION		R	TH	Na ⁺	TAC	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻
			%	mg/l		mg/l	mg/l	O	M						
E1 : 6°	7,3	45	5,6	35					2,090		13,18	5,10	9,59		
E2 : 6°	7,5	42	5,2	34		17,2	40	37	2,050	5,52	13,18	5,10	9,59	19,34	
E3 : 8°	7,4	30	3,6	42					1,900		15,94	5,30	10,30		
E4 : 8°	7,4	13	1,5	85					1,850		18,40	5,60	14,91		
E5 : 8°	7,5	15	1,8	55		28,0	63	61	1,700	5,44	35,30	5,90	26,98	16,42	
E6 : 8°	7,4	12	1,5	74		21,2	66	65	1,780	5,28	30,70	5,70	24,15	17,28	
E7 : 6,5°	7,4	17	2,1	50					1,950		18,40	5,40	18,82		
E8 : 6°	7,3	19	2,4	35					2,000		18,08	5,35	15,27		
E9 : 5,5°	7,3	37	4,6	41					1,900		18,40	5,50	23,43		
E10 : 5,5°	7,3	44	5,6	30					2,100		13,80	5,10	14,56		
F1 : 6°	7,3	26	3,3	31					2,000		15,94	5,20	11,36		
F2 : 7°	7,5	37	4,5	45		15,2	29	34	2,000	5,48	13,48	5,20	10,30	14,20	
F3 : 7°	7,4	30	3,6	50		19,2	31	40	2,050	5,52	13,18	5,30	9,94	12,67	
F4 : 8°	7,3	17	2,0	38					1,920		18,08	5,40	13,49		
F5 : 8°	7,3	7	0,9	50					1,800		17,18	5,85	14,56		
F6 : 8°	7,5	3	0,4	60		24,0	66	55	1,680	5,60	35,30	5,70	35,15	14,12	
F7 : 6,3°	7,3	7	0,9	45					1,820		22,38	5,60	18,46		
F8 : 6°	7,3	16	2,0	40					1,820		20,56	5,60	18,46		
F9 : 5,5°	7,3	28	3,4	35					2,060		15,02	5,10	13,49		
F10 : 5°	7,3	34	4,4	35					2,050		14,72	5,20	13,85		
G1 : 6°	7,5	40	5,0	15					2,000		13,80	5,45	9,23		
G2 : 7,5	7,5	41	5,0	17					2,000		11,96	5,45	9,59		
G3 : 7°	7,4	34	4,0	15					2,000		11,96	5,45	9,23		
G4 : 8°	7,4	42	5,0	12					2,100		12,16	5,25	3,88		
G5 : 8°	7,4	40	4,8	20					2,100		11,04	5,30	9,23		
G6 : 8°	7,4	27	3,3	25					2,000		13,48	5,25	16,33		
G7 : 7°	7,4	27	3,3	25		14,0	38	31	1,900	5,34	19,92	5,45	20,59	10,13	
G8 : 6,5°	7,4	30	3,7	23					1,970		16,56	5,35	16,33		
G9 : 6°	7,3	32	4,0	42					1,970		15,32	5,30	14,56		
G10 : 6°	7,3	38	4,7	40					2,040		12,88	5,25	13,14		
H1 : 7°	7,1	27	3,3	15					1,950		13,48	5,50	9,23		
H2 : 8°	7,5	25	3,0	24					1,980		13,48	5,45	10,30		
H3 : 8°	7,4	23	2,8	13					1,950		13,18	5,55	10,30		
H4 : 8°	7,3	28	3,4	20		14,8	27	21	2,100	5,68	11,34	5,35	8,88	11,52	
H5 : 8°	7,4	27	3,2	14		11,2	52	16	1,980	5,72	11,34	5,45	8,17	12,09	
H6 : 8°	7,4	32	3,9	12					2,100		11,04	5,15	10,30		
H7 : 7°	7,3	29	3,5	14		11,6	25	20	1,950	5,40	12,26	5,30	13,14	13,54	
H8 : 7°	7,3	17	2,0	17		11,2	32	28	1,850	5,68	15,30	5,65	14,56	15,55	
H9 : 7°	7,2	19	2,4	25					1,900		18,70	5,50			
H10 : 6,5°	7,4	26	3,2	26					1,950		13,48	5,35			

DEUXIEME CHAPITRE

Comment établir un programme d'étude, pour des enquêtes sur des eaux de surface ?

Différentes études viennent d'être présentées. Elles ont toutes un intérêt car elles s'orientent vers un but précis et s'adaptent aux circonstances expérimentales.

On procède soit à des prélèvements répartis sur une coupe de rivière, de manière à prouver l'homogénéité des eaux ; soit à des prélèvements effectués au centre du courant, en des points échelonnés le long d'un fleuve, en vue d'obtenir l'effet résultant des processus de pollution et d'auto-épuration et d'apprécier la qualité des eaux d'un fleuve en évitant les influences purement locales ; soit à des prélèvements répartis dans le temps, en fonction de la vitesse d'écoulement des eaux, en vue d'évaluer le rôle dû au phénomène d'auto-épuration ; soit à des prélèvements isolés pour mettre en évidence une pollution industrielle, le plus souvent locale, intermittente.

Il n'est pas, semble-t-il, inutile de rappeler quelques points qui nous ont frappés et qui pourront servir de base à une étude de rivière.

A) ETUDE GENERALE DE LA QUALITE D'UN COURS D'EAU.-

Elle peut se dérouler ainsi : une phase de documentation, une phase d'expérimentation préliminaire et une phase de prélèvements dits de routine, qui dépendent des constatations établies lors des expériences précédentes.

1° - DOCUMENTATION.

Elle a pour but de rechercher et de noter les facteurs susceptibles de modifier la composition d'un cours d'eau : affluents de composition chimique différente ; égouts des villes chargés de substances organiques ; eaux résiduaires d'industries.

La notion des débits respectifs des cours d'eau, des affluents, des effluents urbains et industriels, est certes utile pour évaluer la répercussion sur le milieu récepteur d'une pollution.

Aussi intéressantes, sont les enquêtes auprès des administrations, des riverains : elles permettent d'orienter des recherches.

Le choix des points de prélèvements dépend naturellement de l'importance des agglomérations urbaines et industrielles, de la charge polluante déversée, de la présence ou non de stations d'épurations. Les points seront choisis avant et après des déversements, assez loin de ceux-ci pour éviter une non-homogénéisation des eaux.

2° - EXPÉRIENCES PRÉLIMINAIRES.

Elles permettent de vérifier la valeur et l'intérêt de l'emplacement choisi, d'établir un programme de prélèvements.

Pour obtenir des résultats valables, il est préférable de choisir des points où les eaux sont homogènes ; pour cela, il faut s'en assurer par des prélèvements multiples répartis sur une coupe de rivière.

On peut limiter les analyses : par exemple, lors d'une jonction avec un affluent, il suffit de déterminer l'élément minéral qui différencie les eaux de la rivière et de l'affluent : les chlorures dans le cas du Rhône et de la Saône, les sulfates dans le cas du Rhône et de l'Isère, la résistivité, si la rivière et l'affluent ont une minéralisation différente ; lors d'une jonction avec un effluent, égout urbain, riche en substances organiques, la D.B.O. est certes l'analyse à choisir ; on peut la compléter par la recherche de l'oxydabilité au permanganate de potasse et le taux des matières en suspension ; lors d'une pollution industrielle, l'élément redouté est seul recherché ; phénol, cyanures, chlorures ...

Le dernier cas, celui des rejets industriels irréguliers, souvent imprévisibles, reste difficile à résoudre. Lors des débits d'étiage, ils arrivent parfois à être mis en évidence, la concentration en ces éléments étant plus élevée. Bien souvent, le hasard seul permet de déceler une élimination particulière.

3° - PRÉLÈVEMENTS DE ROUTINE.

Le travail précédent aura permis de relever les jours, heures, où une pollution importante peut être décelée, les lieux de rejets, de décider d'un programme d'étude se déroulant sur un mois, un an, suivant une certaine périodicité. Les résultats doivent être suffisamment nombreux pour établir des comparaisons, effectuer des moyennes valables. Dans le cas des rivières, une vingtaine de prélèvements par an semblent nécessaires, prélèvements bimensuels (rythme adopté par la Commission du Rhin).

B) INFLUENCE D'UNE POLLUTION PARTICULIÈRE.-

Cette pollution est localisée en un lieu et doit être déterminée chimiquement.

1° - ÉTUDE DU REJET POLLUANT.

On choisit un point proche du rejet à détecter, de manière à déterminer l'importance et la nature du rejet. A ce niveau, les eaux ne sont pas homogènes et la pollution reste localisée aux rives.

Un deuxième point est choisi lorsque le rejet est supposé être dilué dans la masse des eaux de la rivière ; il permet d'évaluer son effet sur la qualité des eaux. En ce point, on peut procéder, soit par prélèvements multipliés sur un profil, soit, pour une petite rivière, par trois prélèvements : au centre et près des deux rives.

A partir de ces données, il est facile de suivre l'évolution de la pollution par des prélèvements en aval.

2° - PERSISTANCE DE LA POLLUTION.

En fait, les déversements sont rarement réguliers ; dans le cas précis de la Bourbre, nous avons vu que le taux des chlorures s'élevait à un moment de la journée, celui des matières organiques subissait des pointes de manière plus irrégulière. La notion de vitesse de propagation du courant intervient. Cependant, cette vitesse du courant ne peut être assimilée à celle de tous les éléments : entre autres, les matières organiques se propagent à une vitesse différente de celle des chlorures.

En pratique, si nous voulons comparer l'effet polluant entre deux points, on doit déterminer le temps théorique mis par les eaux d'une rivière pour aller d'un point à un autre. Ensuite, on procède à une série de prélèvements au point le plus amont choisi pendant un laps de temps supérieur au temps théorique déterminé et à une série de prélèvements au point aval, en tenant compte du temps théorique mis par ces eaux pour parcourir le trajet, donc en décalant dans le temps les prélèvements en ce point aval. Le choix d'un élément test est utile : chlorures, sulfates, matières organiques ...

3° - VARIATIONS DANS LA PERSISTANCE DE CETTE POLLUTION.

Suivant l'importance initiale de la pollution, les conditions de la rivière, cette persistance peut varier ; par exemple, l'auto-épuration s'effectue différemment en période de basses eaux et de hautes eaux : d'où l'intérêt d'effectuer des relevés à différentes périodes de l'année.

C) ETUDES DIVERSES.-

Des recherches plus précises sont entreprises : recherche de phénol, détergent : éléments biodégradables ; d'hydrocarbures : pour ceux-ci, les prélèvements doivent se faire en profondeur, mais aussi en surface car ils s'accumulent en film mince.

D) CONCLUSION.-

Ce chapitre n'a pas pour but d'entrer dans les détails techniques, mais par des exemples, d'exprimer la nécessité d'établir des programmes d'études adoptés au but à atteindre et aux circonstances expérimentales. Nous pouvons insister sur ce fait : un jugement ne peut être porté sur la valeur d'une eau de surface prélevée en un lieu, qu'après de multiples analyses. Aucune conclusion valable ne peut être relevée lors d'une seule série d'analyses, même si celle-ci comporte des prélèvements multiples sur une coupe de rivière ou des prélèvements effectués, comme dans l'expérience de la Bourbre, en 24 heures. Ces dernières expériences révèlent l'homogénéité ou non des eaux, la destruction ou non de certains éléments, mais elles n'autorisent pas une opinion affirmative sur la qualité des eaux. Ces hypothèses devront être confirmées ou modifiées par des séries d'analyses.

CONCLUSIONS

Ce travail a pour but de dresser un état qualitatif des eaux de la plupart des rivières de la région Rhône-Alpes, en 1964, et de déterminer la nature et l'importance de leur pollution.

L'exposé des critères, exprimant la qualité des eaux, a permis de retenir les plus adaptés au but poursuivi :

- 1) critères de pollution organique (demande biochimique d'oxygène, oxygène dissous, matières en suspension, oxydabilité au permanganate de potassium) ;
- 2) critères physiques (pH, résistivité, température) ;
- 3) critères chimiques (correspondant aux principaux éléments minéraux de l'eau et aux éléments considérés comme toxiques ou indésirables) ;
- 4) critères bactériologiques (Escherichia coli, Streptocoques fécaux, Coliformes).

Sur ces bases, une cinquantaine de rivières ont été étudiées ; les plus importantes (Rhône, Loire, Saône, Isère) et quelques-uns de leurs affluents supposés particulièrement pollués (Gier, Furan, Onzon, Ondaine) ont été expertisés par des prélèvements mensuels, les autres par des prélèvements trimestriels.

Si la plupart des cours d'eau principaux de notre région reçoivent des charges polluantes relativement importantes, leur fort débit (en particulier pour le Rhône) ou leur caractère torrentiel (dans le cas de la Loire) leur permettent de supporter sans inconvénient majeur cette situation. Cependant, il arrive que dans certains secteurs, des indices de pollution se manifestent avec netteté : pollution minérale dans la Saône, pollution organique, avec sa composante bactériologique fréquente, dans l'Isère en aval de Grenoble, dans la Loire en aval de Roanne. Une aggravation de la pollution dans ces secteurs risquerait d'entraîner des conséquences graves sur la qualité des eaux.

Les rivières de moindre importance sont généralement peu polluées. Mais certaines d'entre elles sont soumises à des déversements industriels ou urbains tels qu'il peut en résulter une situation alarmante pour l'hygiène des

populations rurales ou suburbaines. Mais ces problèmes demeurent locaux : le fort pouvoir épurateur de ces rivières, la disproportion entre leur débit et celui des principaux cours d'eau, font qu'aucun retentissement n'est à craindre pratiquement sur la qualité des eaux de ces derniers.

Les résultats de ce travail analytique ont été comparés

- d'une part, avec les prévisions, découlant de données statistiques, d'un rapport du Service de Navigation Rhône-Saône sur les "Problèmes de l'Eau dans la Région Rhône II" ;

- d'autre part, avec les estimations exprimées dans "l'Atlas de la Pollution", publié sous les auspices du Commissariat Général du Plan d'Équipement et de Productivité et de la Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale.

Cette comparaison a permis d'étudier les relations actuelles et futures entre la qualité des cours d'eau et le développement économique de la région.

Dans cette enquête très générale, seule la formule de prélèvements, au centre du courant, répétés selon une fréquence plus ou moins grande, était applicable. Des exemples bibliographiques prouvent l'efficacité d'une telle formule. Mais dans des études plus localisées, destinées à préciser l'origine d'une transformation de la qualité des eaux, des procédés de prélèvements différents peuvent être envisagés : prélèvements multiples selon une coupe transversale de la rivière, prélèvements répartis le long de son cours et reliés chronologiquement en fonction de la vitesse du courant. Des indications bibliographiques sont données sur l'intérêt de ces méthodes ; une application, in situ, de l'une d'elles, réalisée en 1965 par l'Institut Pasteur de Lyon, sur la Bourbre, est décrite. Ces documents ont permis de formuler des indications sur le choix de méthodes de prélèvements, en fonction de la nature de l'enquête envisagée.

Le Président de la Thèse :

Professeur P. CROIZAT

VU et permis d'imprimer

LYON, le 4 octobre 1965

VU, le Doyen :

Jean-François CIER

Le Recteur, Président du
Conseil de l'Université,

P. LOUIS

BIBLIOGRAPHIE

1° - REFERENCES CONCERNANT LA PREMIERE PARTIE DE CE TRAVAIL

1. ABBOTT (W.E.) - Proceeding of the Society for Water Treatment - 1962 ; 11 (n° 1), p. 66.
2. ALAMANNI (U.) - Determinazione polarografica dell' ossigeno disciolto nelle acque - *L'Igiene Moderna*, 1963 ; 56 (n° 1 et 2), p. 3.
3. American Public Health Association - American Water Works Association - Water Pollution Control Federation - *Standard Methods for the examination of water and wastewater*, 11^e edition, 1960 ; New York, A.P.H.A.
4. Association of British Chemical Manufacturers and the Society for Analytical Chemistry - *Recommended Methods for the Analysis of Trade Effluents*, 1958 ; London, S.A.C.
5. BOUQUIAUX (J.) et BEAUJEAN (P.) - Mesures comparatives du B.O.D. d'eaux de rivières - *Bulletin Trimestriel du CEREDAU*, 1956 ; 34 (n° 4), p. 226-235.
6. Bulletin d'Information de l'Association Française pour l'Etude des Eaux - Eaux et Industries - Belgique - *Protection des eaux contre la pollution* - 1964 ; 125, p. 1.
7. COLAS (R.) - La Pollution des eaux - collection "Que sais-je", 983, 1962 ; éd. P.L.I.F.
8. ELLIS (M.M.) - "Detection and measurement of stream pollution" - *Bull. U.S. Bur. Fish.*, 48, 1937 ; n° 22, p. 365-437 - cité par KLEIN L. (19).
9. ETTINGER - "Proposed Toxicity Screening Procedure for use in protecting drinking water quality" - *J.A.W.W.A.*, 1960 ; 52, I, p. 689.
10. ETTINGER - "Drinking Water Standards of U.S. Public Health Services" - *J.A.W.W.A.*, 1961 ; 53, VIII, p. 935.
11. ETTINGER - "Carbon Chloroform Extract in Water" - *J.A.W.W.A.*, 1962 ; 54, II, p. 223.
12. GRIFFE (J.) - "Contrôle Technique des Pollutions" - *Cours de perfectionnement des techniques de l'eau et de l'assainissement* - cycle 1958 - publié par A.F.E.E.

13. HEINSEN (E.) - "Gas-u-Wasserfoch" - 1940 ; 83, p. 261 - cité par KLEIN L. (19).
14. HEUKELEKIAN (H.) - "Effect of the addition of sodium nitrate to Sewage on hydrogen sulphide production and B.O.D. reduction" - *Sewage Works J.*, 1943 ; 15, p. 255-61.
15. HYNES (H.B.N.) - "The Biology of Polluted Waters" - *Liverpool University Press*, 1963.
16. JEPSON (C.), GREENE (G.) - "The availability of nitrates in sewage effluents" - *J. Inst. Sew. Purif.*, 1951 ; 2, 148-150.
17. Journal Officiel de la République Française - *Recueil des textes officiels intéressant la Santé et la Population - fascicule 62 - 31^{bis} - Eau d'alimentation*.
18. Journal Officiel de la République Française - *Loi n° 64, 1245, du 16 décembre 1964, relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre la pollution*.
19. KLEIN (L.) - "River Pollution" - *Chemical analysis - Butterworths scientific publications, London*, 1959.
20. KLEIN (L.) - "Aspects of river pollution" - *Butterworths scientific publications, London*, 1957.
21. LECLERC (E.) - "Etude des détergents" - *Edition Cebedoc - Flenelle - Grande*, 1960.
22. LEVEAU (M.) - Le "Water Ressources Board" et les "River Authorities" en Angleterre - *Bulletin d'information de l'Association française pour l'étude des eaux*, n° 125, 1964, p. 1.
23. LONGWELL (J.), MANIECE (W.D.) - "Determination of anionic detergents in Sewage, Sewage effluents and river waters" - *The Analyst*, 1955, 80 (n° 3), 167-171.
24. MAC GUIRE, KENT, MILLER, PADENMEIER - "Field Test for Analysis of anionic detergents in well" - *J.A.W.W.A.*
25. MAGIN (G.), THATCHER (L.), RETTIG (Sh.), LEVINE (H.) - "Suggest modified method for colorimetric determination of selenium in natural water" - *J.A.W.W.A.*, 1960 ; 52, n° 9, 1199-1210.
26. MIDDLETON, ROSEN, BURTTSCHELL - "Taste and odor research tools for water utilities" - *J.A.W.W.A.*, 1958 ; 50, n° 1.
27. Organisation Mondiale de la Santé - Genève, 1962 - "**Normes européennes applicables à l'eau de boisson**".
28. Organisation Mondiale de la Santé - Genève, 1963 - "**Quelques aspects de la protection des eaux contre la pollution** - *Cahiers de Santé Publique*, 13.
29. RODIER (J.) - "L'analyse chimique et physico-chimique de l'Eau - Eaux naturelles - Eaux usées", 1960.
30. THEVENARD (M.) - "Recherche sur la teneur en ion fluor des eaux de l'alimentation de l'agglomération lyonnaise" - *Thèse, Lyon*, 1949.
31. WADDINGTON (J.I.) - "The first two years" - *J. Inst. Sew. Purif.*, 2, 1957 ; 172-83.

32. WINKLER (L.W.) - "The determination of dissolved oxygen in water" - *Ber. dtsh. Chem. Ges.*, **21** (1888), 2843-54.
33. Atlas de la Pollution des eaux en France métropolitaine - éd. par la Documentation française, septembre 1963.
34. "Les Problèmes de l'eau dans la région Rhône II" - Rapport établi par le Service de la Navigation Rhône-Saône, avec le concours de M. GOSSELIN.

2° - REFERENCES CONCERNANT LA DEUXIEME PARTIE DE CE TRAVAIL

35. BISBINI (P.), CUTRUFELLI (F.), MARTINELLI (M.), TROMBETTI (S.) - "Ricerche sul grado di inquinamento delle acque del Reno - Nota I : Risultati delle indagini eseguite sul percorso del fiume a monte della città di Bologna" - *Estratto dalla Rivista Italiana d'Igiene*, 1964.
36. BISBINI (P.), MARINELLI (M.), CUTRUFELLI (F.), BERNARDI (S.), CAMPIONE (S.) - "Ricerche sul grado di inquinamento delle acque del Reno - Nota II : Risultati delle indagini eseguite sul percorso del fiume a valle della città di Bologna" - *Estratto da "l'Igiene Moderna"*, Marzo-Aprile 1964, n° 3-4.
37. BISBINI (P.), CUTRUFELLI (F.), MARINELLI (M.), CAMPIONE (S.) - "Ricerche sul grado di inquinamento delle acque del Reno - Nota III : Risultati delle indagini eseguite sul percorso del fiume a valle della città di Bologna" - *Estratto da "l'Igiene Moderna"*, Marzo-Aprile 1964, n° 3-4.
38. CHAMDON (M.) - "Essai sur la détermination de la pollution et de l'auto-épuration d'un fleuve. Le Rhône au cours de sa traversée de l'agglomération lyonnaise" - *Revue d'Hygiène et de Médecine Sociale*, 1959, Tome 7, n° 1, p. 7 à 29.
39. FREOUR (P.), CAZAUX (P.), SERISE (M.), COUDRAY (P.), THOBIC (A.) - *Journées de Médecine de Bordeaux*, 1960, septembre.
40. GREGACS, MUHITS (Szk.), PATER (J.), TOTI (I.) - *Hidrologiai Közlöny, Budapest*, 1959, octobre.
41. HERRY (S.) - "Etudes des eaux de la Meuse" - *Tribune du CEBEDEAU*, 1963 : 16 (n° 239), p. 432-445.
42. LECLERC (E.), BEAUJEAN (D.) - "Etude de la pollution d'une rivière et de son auto-épuration - Application d'une méthode de recherche au cas du Gier" - *Bulletin d'information de l'Association française pour l'Etude des eaux - Eaux et Industries*, 1956 ; 33, p. 142-153.
43. LEGER (P.) - "Contribution à l'étude des pollutions microbiennes des eaux de rivières (Isère au cours de sa traversée de l'agglomération grenobloise)" - *Thèse, Lyon*, 1962.
44. DUNTITI, TALENTE - *La Ricerca scientifica*, mai 1956 - cité par "la Tribune du CEBEDEAU" (48).

45. SAN TOPADRE (G.), LAPUCCI (Pl.) - "Studio sull' inquinamento del basso corso del fiume Cuno da parte di liquami domestici e industriali" - *"Ingeneria Sanitaria"*, 1963, n° 1, p. 24-33.
46. VIAL (J.), BERGER (R.), HERGUEZ (C.), DREVON (A.) - "Notion de vitesse d'écoulement dans la recherche de la pollution et de l'auto-épuration des rivières : Etude de la Bourbre, le 13 janvier 1965" - *Bulletin des Travaux de la Société de Pharmacie de Lyon* - en impression.
47. VAN HAAREN - "The river Rhine as a source of drinking water" - *Proceedings of the Society for water Treatment and Examination*, 1963, 12, n° 4, 177-196.
48. Tribune du CEBEDEAU - "A propos de la zone d'influence des pollutions dans les cours d'eau" - 1963 ; 16, n° 233, p. 184.
49. Tribune du CEBEDEAU - "Etude des eaux de la Meuse en 1963" - avril 1964 ; n° 245, p. 192.
50. Commission Internationale pour la Protection du Rhin contre la Pollution - *Rapports III, 1956-57-58 ; Rapports IV, 1959-60.*

3° - REFERENCES GENERALES -

- BUTTIAUX (R.) - "L'analyse bactériologique des eaux d'alimentation" - *Ed. Médicales, Flammarion, Paris, 1951.*
- IMHOFF (K.) - (Trad. par KOCH) - "Manuel de l'assainissement urbain" - *Ed. Dunod, Paris.*
- PRAT (J.), GIRAUD (A.) - "La pollution de l'eau par les détergents" - *Publ. de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique, Paris, 1964.*
- ROCHAIX (A.), SEDALLIAN (P.), SOHIER (R.) avec la collaboration de BENECH (J.), BERTOYE (A.), ELLIA (M.), GATE (J.), JAULMES (Ch.), MONNET (P.), TAPERNOUX (A.), VIOLLET (P.) - "Traité d'Hygiène" - *Ed. Masson, Paris, 1946.*
- SEDALLIAN (P.), SOHIER (R.) - "Précis d'Hygiène et d'Epidémiologie" - *Ed. Masson, Paris, 1949.*
- VIVIERS (P.) - "La vie dans les eaux douces" - *Collection "Que sais-je" ? n° 233. Ed. P.U.F., Paris, 1951.*
- Direction Générale des Eaux et Forêts - "La pollution des cours d'eau" - *Les Editions de l'eau, Paris, 1949.*
- Centre Belge d'Etude et de Documentation des eaux - "Livre de l'eau" - *Ed. Cebe-deau, Liège, 1965.*

LISTE DES RIVIERES ETUDIEES

- Les numéros de pages en italique renvoient à l'analyse principale de la rivière.
 - Les numéros précédés de la lettre A renvoient aux pages de l'appendice A récapitulant sous forme de tableaux l'ensemble des résultats.

	<i>Pages</i>		<i>Pages</i>
<i>Ain</i>	149 251 A33	<i>Herbasse</i>	210 260 A75
<i>Albarine</i>	151 A33	<i>Isère</i>	211 251 256 261 A77
<i>Arc</i>	204 251 260 A73	<i>Langonand</i>	99 173 176 177 A47
<i>Ardèche</i>	186 253 265 A61	<i>Leysses</i>	138 249 253 254 260 A25
<i>Arly</i>	202 259 260 A71	<i>Lignon</i>	108 113 A15
<i>Arve</i>	127 251 260 A21	<i>Loire</i>	94 113 248 249 253 254 258 A1
<i>Azergues</i>	155 260 A37	<i>Mare</i>	106 113 A15
<i>Bourbre</i>	142 247 253 254 259 280 A29	<i>Oudan</i>	112 113 119 A17
<i>Brevienne</i>	155 A35	<i>Ondaine</i>	94 95 113 248 258 A7
<i>Cance</i>	179 259 A55	<i>Onzon</i>	99 248 A9
<i>Chaize</i>	202 A71	<i>Ouvèze</i>	187 A59
<i>Chalaronne</i>	160 266 A39	<i>Ozon</i>	195 A69
<i>Coise</i>	107 113 A15	<i>Reyssouze</i>	160 260 A39
<i>Collières</i>	191 A65	<i>Rhins</i>	110 A17
<i>Deume</i>	179	<i>Rhône</i>	219 251 254
<i>Dolon</i>	191 A65	<i>Romanche</i>	207 A75
<i>Doron</i>	200 260 A70	<i>Roubion</i>	198 A69
<i>Doux</i>	182 250 A57	<i>Saône</i>	164 251 260 277
<i>Drac</i>	207 253 259 A75	<i>Savières (canal)</i>	138 249 A27
<i>Drance</i>	125 A19	<i>Trambouze</i>	110 A17
<i>Drôme</i>	196 250 253 255 260 A69	<i>Turdine</i>	155 259 A35
<i>Escoutay</i>	185 A59	<i>Usses</i>	133 250 253 255 A23
<i>Eyrieux</i>	184 250 A57	<i>Valserine</i>	131 250 A23
<i>Fier</i>	135 249 253 255 259 260 A25	<i>Véore</i>	195 A69
<i>Furan</i>	94 101 113 248 258 A11	<i>Veyle</i>	160 A39
<i>Galaure</i>	193 259 A67	<i>Vizery</i>	108 113 A15
<i>Garon</i>	172 260 A55		
<i>Gère</i>	189 259 A63		
<i>Gier</i>	173 259 A47		
<i>Guier</i>	141 A27		

APPENDICE "A"

(Liste des abréviations à la suite des tableaux)

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
- L ₁ : LOIRE À BRIVES-CHARENSAC (LE PUY).-														
1	11-18-17		11° - 9°	7,3	8,75	75	4,0	0,4	17 6 11	7.920	4,7	6,0	3,9	1,7
- L ₂ : LOIRE À PEYREDÈRE (LE PUY).-														
2	11-18-18		10° - 8°	7,0	4,50	38	10,0	0,4	16 5 11	7.580	4,7	6,3	3,5	2,7
- L ₃ : LOIRE À SAINT-RAMBERT.-														
3	3-9-15		7° - 6°	7,1	9,50	79	3,5	1,8	13 7 6	12.700	2,2	2,2	3,9	8,6
4	4-8-11		8° - 7°	7,2	10,10	86	3,0	0,2	10 3 7	12.400	3,2	3,2	2,5	11,5
5	5-12-10		15°	7,2	8,20	84	5,0	1,2	18 8 10	7.580	3,2	3,5	2,1	7,6
6	6-9-12		25° - 18°	7,7	8,75	92	4,0	3,2	15 6 9	9.000	3,2	4,2	2,1	10,7
7	7-10-11		18° - 18°	6,9	6,50	71	3,0	1,9	9 4 5	8.420	4,2	4,0	7,8	15,8
8	8-6-10		25° - 23°	6,9	6,90	73	2,0	4,2	19 8 11	7.240	4,2	4,0	7,1	15,3
9	9-7-12		20° - 16°	7,0	7,00	70	2,5	0,8	6 1 5	6.740	5,0	4,5	8,9	22,0
10	10-21-14		9° - 10°	7,1	7,00	64	3,5	1,2	15 6 9	5.900				
11	11-23-14		16° - 9°	7,1	6,50	56	2,0	0,6	6 2 4	5.780	5,2	5,5	11,7	13,3
12	12-8-14		10° - 7°	6,8	8,25	68	3,5	1,8	15 9 6	5.230	5,3	5,2	10,7	18,1

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
7,5	1,5	0,17	1,12	0,35	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		>10.000	8.000	6.000
7,5	1,5	3,20	1,46	0	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		>10.000	>10.000	8.000
6,0	1,1	0,45	1,77	0,07	0,16	0	0	0	0	?	P	0	0	0	0		1.000	600	40
6,0	1,1	0,20	1,24	0,08	0,14	0	?	0	0	P	P	P	0	0	0	?	>1.000	<100	<100
6,6	0,6	0,49	2,16	0,09	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	5.000	500	130
8,1	1,4	0,45	3,28	0,22	0,12	0	0	0	0	P	0	P	0	0	0	?	>10.000	1.400	200
11,4	1,4	0,09	2,79	0,02	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	>10.000	600	400
11,5	1,0	0	4,91	0,02	0	0	0	0	0	P ⁽¹⁾	0	0	0	0	0	?	100	80	20
14,1	1,8	0,16	5,93	0,18	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	?	>5.000	900	900
					0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	2.000	500	750
16,6	2,0	0,13	6,63	0,02	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	3.000	500	100
16,6	2,3	1,07	6,28	0,26	0,14	0	0	0	0	?	?	0	0	0	0	?	>10.000	3.000	700

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						T M O					

- L₄ : LOIRE À MONTROND-LES-BAINS.-

13	3- 9-16	50	4° - 6°	7,3	10,0	85	3,5	2,6	15 10 5	10.700	2,8	3,0	4,3	13,5
14	4- 8- 9	134	5° - 6°	7,1	10,10	84	3,0	2,9	16 4 12	9.720	4,0	3,5	5,0	15,6
15	5-12-14		16°	7,2	8,10	85	7,0	5,4	36 25 11	8.420	4,7	3,7	7,1	21,3
16	6- 9-13	2,8	25°-18°	7,5	8,0	87	4,0	2,6	31 21 10	7.700	4,4	5,0	2,8	14,4
17	7-10-12	2,5	20°-18°	7,1	7,3	75	3,0	2,1	9 4 5	5.040	8,5	6,2	17,4	31,5
18	8- 6-14		28°-26°	8,4	7,0	85	3,0	4,4	31 15 16	3.490	8,7	7,0	7,33	36,3
19	9- 7-13		21°-18°	7,5	8,6	91	3,0	2,0	7 1 6	5.040	6,6	6,8	17,8	30,0
20	10-21-11		6°-12°	7,3	10,0	88	5,0	0,6	12 4 8	5.040				
21	11-23-16		11° - 9°	7,2	7,5	65	4,0	4,4	43 34 9	2.975	8,4	7,3	24,5	51,8
22	12- 8-15		11° - 6°	7,2	9,0	71	5,0	5,4	30 12 18	4.130	6,2	6,0	16,7	28,2

- L₅ : LOIRE À SAINT-PAUL-DE-VÉZELIN.-

23	4- 7-12		9° - 8°	7,3	10,4	90	6,0	2,4	25 8 17	8.910	4,0	3,5	5,0	16,1
24	7-10-15		18°-19°	8,2	8,5	95	4,0	0,5	13 8 5	5.040	6,6	5,8	12,1	25,9
25	10- 2-13		18°-16°	7,3	8,0	80	3,0	1,5	25 12 13	3.890	7,2	7,3	17,4	35,1

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Pb	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
7,7	1,4	0,70	1,99	0,03	0,18	0	0	0	0	?	P	0	0	0	0		2.400	2.000	200
7,5	1,5	0,21	1,46	0,18	0,10	0	0	0	0	P	P	0	0	0	0	?	1.000	400	1.600
14,1	1,2	0,20	7,20	0,21	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	?	>10.000	>10.000	2.500
11,0	1,8	0,20	3,40	0,30	0,18	0	0	0	0	P	0	?	0	0	0	?	1.000	520	130
25,3	2,9	0,13	7,33	0,04	0	0	0	0	0	?	0	?	0	0	0	P	>10.000	4.000	>5.000
28,2	1,4	0	6,63	0,03	0	0	0	0	0	P ⁽¹⁾	0	0	+(2)	0	0	P	< 500	< 500	480
23,7	2,4	0,57	5,22	0,25	0,16	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	?	>10.000	>5.000	1.000
					0	0	0	0	0	?	0	0	+(3)	0	0	P ⁽⁴⁾	2.000	200	25
36,2	3,3	0,99	12,37	0,56	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	+(5)	10.000	1.200	800
23,9	2,9	2,19	6,80	0,24	0,12	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	P ⁽⁴⁾	>10.000	9.000	2.500
7,2	1,2	0,15	2,34	0,09	0,16	0	0	0	0	P	?	?	0	0	0	?	>5.000	5.000	2.400
13,2	2,5	0,05	2,79	0,04	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	1.000	100	300
27,6	3,4	0,16	6,35	0,25	0	0	0	0	0	P	?	0	0	0	0	P ⁽⁴⁾	3.000	300	3.000

(1) 0,800

(2) 0,100

(3) 0,070

(4) 0,400

(5) 0,600

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						T M O					

- L6 : LOIRE A COMMELLE-VERNAVY (ROANNE).-

26	1-10-10		1°	6,7	11,50	84	3,2	1,2	8 3 5	7.580	4,2	4,2	6,39	15,55
27	2-13-10		3°	7,5	10,30	77	4,0	2,2	10	6.480	5,0	4,7	9,6	18,6
28	3-12-10		12°-6°	6,9	9,50	80	3,5	0,8	20 13 7	9.270	3,8	3,3	7,1	13,0
29	7-8-10		20°-21°	8,3	7,25	84	3,0	1,7	20 11 9	5.900	5,4	5,3	9,8	20,8
30	9-18-11		18°	7,3	9,50	100	3,8	0	7,5 2,5 5	4.300	7,8	7,3	17,4	37,0
31	10-23-11		8°	7,5	9,40	79	3,0	3,5	11 4 7	5.345	5,6	5,5	13,9	19,8

- L7 : LOIRE AU PONT-D'AIGUILLY (ROANNE).-

32	1-10-16		2°	6,9	11,0	82	4,2	3,1	8 3 5	5.440	4,6	4,5	10,65	26,90
33	2-13-16		3°	7,5	10,25	79	5,0	2,0	10	4.970	5,6	5,0	12,8	39,6
34	3-12-16		12°-7°	7,2	9,5	81	5,0	1,0	24 17 7	6.230	3,8	3,8	9,6	21,9
35	4-6-18		9°-8°	8,1	10,0	86	6,0	3,6	41 17 24	12.150	2,5	2,0	2,8	11,6
36	7-8-16		30°-24°	7,0	1,0	12	20,0	3,3	18 6 12	1.350	8,0	7,0	22,0	236,2
37	9-18-18		20°	7,0	6,0	65	2,2	2,2	25 20 5	3.300	7,3	7,3	17,8	78,7
38	10-23-17		9°	7,2	8,6	74	5,0	8,7	21 6 15	2.920	7,0	6,8	22,4	64,3

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
11,19		1,03	2,79	0	0,14	0,10	0	0	0	?	0	0	0	0	0		2.000	1.250	200
13,5		1,27	3,28	0,11	0,16	0,05	?	?		?	0	?	0	0	0		3.000	2.000	2.250
9,4	1,4	0,57	3,15	0,12	0	0	0	?	0	?	?	0	0	0	0		25.000	3.500	800
15,6	0,9	0	2,47	0,05	0,02	0	0	0	0	?	P ⁽¹⁾ ?	0	0	0	0	?	0	0	10
26,1	2,8	0,65	3,15	0,10	0	0	0	0	0	P	0	?					3.000	50	100
18,8	2,2	0,06	4,91	0,15	0,02	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	420	100	50
(1) 2,9 mg.																			
24,5		1,03	1,46	0,09	0,13	0,10	?	0	0	?	?	0	P ⁽²⁾ 0	0	0		3.000	2.000	500
22,7		1,41	3,54	0,08	0,12	0,02	?	?		P	?	0	P ⁽³⁾ 0	0	0		5.000	2.500	4.300
16,2	1,6	0,70	3,54	0,09	0,02	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0		50.000	4.000	1.200
5,9	1,4	0,13	3,67	0,07	0,15	0	0	0	0	P	P ⁽⁴⁾ 0	0	0	0	0	?	5.000	2.400	400
124,2	2,9	0,70	0,80	0	0,20	0,20	0	0	0	P	+ ⁽⁵⁾ P	0	0	0	0	P	>10.000	100	80
48,3	2,7	1,04	1,24	0,18	0,02	0	0	0	0	P	0	?	0	0	0	P	10.000	3.000	3.500
14,2	2,9	0,63	5,93	0,09	0,02	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	P ⁽⁶⁾	40.000	16.000	2.000

(2) 0,014

(3) 0,025

(4) 4

(5) 7,6

(6) 0,470

- L.Ond. : ONDAINE AU PERTUISET.-

N°	DATE			T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION			R	TH	TAC	CI	SO ₄
	M	J	H							T	M	O					
39	3	9	11	4° - 5°	7,4	8,0	66	20	3,0	1460	248	1212	2.540	8,8	8,0	7,1	93,1
40	4	8	12	5° - 7°	7,2	8,2	70	20	48,0	263	61	202	4.220	8,2	4,3	10,7	75,9
41	5	12	10	14°	7,6	6,7	68	20	45,3	367	94	273	1.850	11,8	4,8	14,9	101,3
42	6	9	10	25° - 16°	7,7	6,5	68	150	4,8	170	69	101	1.630	16,0	12,8	17,8	143,0
43	7	10	11	18° - 18°	7,6	6,75	71	15	3,9	159	54	103	2.550	10,8	9,0	21,0	83,5
44	8	6	9	22° - 19°	7,4	6,60	71	9	5,0	69	27	42	1.570	18,6	16,8	25,6	156,9
45	9	7	10	20° - 16°	7,2	8,50	85	9	4,0	30	21	9	1.600	16,4	8,8	22,4	198,0
46	10	21	11	3° - 9°	7,4	8,30	72	10	5,7	146	72	122	1.690	15,0	13,0	25,7	149,8
47	11	23	9	5° - 8°	7,4	8,75	75	3	3,8	7	2	5	3.560	5,6	6,5	12,1	25,3
48	12	8	10	2° - 5°	7,0	8,50	68	28	72,0	792	267	525	1.770	15,2	8,5	25,9	169,0

Na	K ₄	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	CY	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
38,3	3,9	1,38	2,12	0,28	0,45	0,40	0	0	0	P ⁽¹⁾	P ⁽²⁾	P	0	0	0		>10.000	>10.000	>10.000
17,8	2,8	1,25	4,43	0,24	0,20	0,05	0	0	0	P	P	P	0	0	0	P	>5.000	>5.000	200
48,3	3,9	0,95	16,34	2,25	0	0	0	0	0	P ⁽³⁾	0	?	0	0	0	P	>10.000	>10.000	>10.000
72,1	4,4	15,60	3,01	0,51	0,42	0	0	0	0	P	0	P	0	0	0	P	>10.000	>10.000	>10.000
41,2	3,4	8,60	6,10	5,80	0,04	0	0	0	0	P	0	P ⁽⁴⁾	0	0	0	?	>10.000	>10.000	>10.000
59,0	5,1	24,50	1,19	0,30	0,18	0,05	0	0	0	?	0	P	0	0	0	+ ⁽⁵⁾	>10.000	>10.000	>10.000
44,5	3,5	19,80	43,50	0,12	0,46	1,00	0	0	0	+ ⁽⁶⁾	0	?	0	0	0	P ⁽⁷⁾	>10.000	>10.000	>10.000
62,8	5,7	11,50	3,15	0	0,16	0,32	0	?	0	P ⁽⁸⁾	0	0	0	0	0	+ ⁽⁹⁾	>10.000	>10.000	>10.000
21,4	2,5	2,60	3,54	0,18	0,22	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	P	10.000	400	3.000
52,1	5,6	16,87	4,16	0,30	0,22	0,10	0	0	0	+ ⁽¹⁰⁾	0	0	0	0	0	?	>10.000	>10.000	>10.000

(1) 0,7 (2) 1,8 (3) 0,7 (4) 0,04 (5) 0,950 (6) >10 mg (7) 0,5 (8) 0,7 (9) 0,575 (10) 1,2

- L. Onz. : ONZON PRÈS DE L'ETRAT. -

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						T M O					
49	3- 9-16	0,23	3° - 6°	7,7	8,0	67	15		1538 529 1009	960	32,4	20,3	38,7	438,0
50	4- 8-10	1,21	6° - 6°	7,1	8,2	69	16	6,3	54 15 39	4.710	6,3	3,5	9,2	73,9
51	5-12-12	0,08	16°	7,7	5,5	57	20	21,6	55 25 30	674	50,0	27,5	19,9	505,6
52	6- 9-12	0,04	25° - 16°	7,9	6,0	62	180	6,7	70 23 47	420	63,4	52,0	62,4	810,4
53	7-10-12	0,02	18° - 14°	7,7	6,8	67	25	1,0	46 20 26	420	86,0	68,3	28,8	1042,0
54	8-11-12	0,01	27° - 18°	7,5	5,3	56	5	5,0	28 13 15	445	79,5	31,8	30,2	989,0
55	9- 7-14		21° - 15°	7,6	6,0	59	4	5,8	29 8 21	590	73,4	26,0	36,9	791,2
56	10-21-12		6° - 7°	7,5	6,0	50	30	10,1	30 10 20	590	59,0	27,0	42,6	744,8
57	11-23-15		11° - 9°	7,7	5,0	43	5	75,0	398 183 215	578	80,0	28,5	22,4	892,4
58	12- 8-15		6° - 4°	7,4	6,0	46	28	86,8	1162 481 681	1.350	23,9	11,3	20,2	299,6

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	CO ₄ IF.	E. COLI	S.F.
161,5	5,4	4,95	3,40	0,23	0,12	0,40	0	0	0	?	P	P ⁽¹⁾	0	0	0		>10.000	>10.000	>10.000
12,9	3,2	0,20	5,22	0,10	0,06	0	0	0	0	P	P	0	0	0	0	?	>5.000	>5.000	300
191,5	4,0	3,96	5,93	0,16	0	0	0	0	0	P	0	P ⁽²⁾	0	0	0	P	>10.000	>10.000	>10.000
360,0	20,3	67,0	1,90	0,11	0,12	0,30	0	0	0	0	0	P ⁽³⁾	0	0	0	+ ⁽⁴⁾	>10.000	>10.000	>10.000
312,9	10,8	0,20	6,28	0,02	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	P ⁽⁵⁾	>10.000	>10.000	>10.000
392,4	12,3	1,07	6,45	0,40	0,18	0,02	0	0	0	?	0	+ ⁽⁶⁾	0	0	0	+ ⁽⁷⁾	>10.000	>10.000	>10.000
199,6	9,8	3,50	10,40	2,22	0,58	0,70	0	0	0	?	0	P ⁽⁸⁾	0	0	0	+ ⁽⁹⁾	>10.000	>10.000	>10.000
245,3	10,9	21,10	3,80	0,12	0,40	0,45	0	?	0	P	0	P	0	0	0	+ ⁽⁹⁾	>10.000	>10.000	>10.000
257,6	7,6	3,84	2,72	0,51	0	0,65	0	0	0	P	0	+ ⁽⁶⁾	0	0	0	?	>10.000	>10.000	8.000
81,2	7,4	4,98	4,16	0,40	0,08	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	?	>10.000	>10.000	>10.000

(1) 0,024

(2) 0,03

(3) 0,05

(4) 0,550

(5) 0,400

(6) 0,06

(7) 1

(8) 0,04

(9) 0,8

- L. Fu₂ : FURAN - PRÈS DE L'ETRAT.-

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						T M O					
59	3-9-16	2,34	5°-7°	7,0	3,00	24	100	147,0	1155 630 525	1.030	9,2	11,8	242,6	88,3
60	4-8-10	3,97	6°-8°	6,7	5,70	50	60	14,0	147 62 85	2.150	14,8	5,8	61,7	98,9
61	5-12-12	1,39	15°	7,5	1,70	17	140	17,4	160 53 107	1.516	11,6	22,0	48,6	96,0
62	6-9-12	1,24	25°-17°	7,6	1,00	11	200	12,5	141 49 92	1.550	13,0	19,3	39,0	106,0
63	7-10-12	1,39	20°-17°	7,4	1,00	11	160	25,9	253 113 240	1.600	17,6	26,3	11,0	73,9
64	8-6-12	0,65	27°-20°	7,2	2,70	23	80	5,2	379 184 195	1.630	16,8	19,8	27,7	129,6
65	9-7-13	0,93	21°-16°	7,4	6,00	60	100	11,7	101 36 65	1.100	24,6	24,0	50,3	230,4
66	10-21-12	0,84	5°-10°	7,6	0	0	200	31,8	225 54 171	1.350	14,4	25,3	50,7	126,7
67	11-23-15	0,89	11°-12°	7,0	0	0	200	53,6	225 60 165	1.160	15,0	25,0	46,2	169,9
68	12-8-13	1,19	9°-11°	7,6	5,00	45	250	36,8	159 60 99	1.180	14,6	26,0	53,2	124,8

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
187,8	5,8	21,10	1,77	0,38	0,37	0,50	P ⁽¹⁾	o	o	?	P ⁽²⁾	P	+ ⁽³⁾	o	+ ⁽⁴⁾		> 10.000	> 10.000	> 10.000
39,8	5,8	4,50	3,15	1,38	0,27	0,25	P	o	o	?	+ ⁽⁵⁾	o	o	+ ⁽⁶⁾	+ ⁽⁷⁾	P ⁽⁸⁾	> 10.000	> 10.000	> 2.000
69,0	10,0	44,50	1,07	0,10	0,37	o	o	o	o	?	o	P	o	o	+ ⁽⁹⁾	P ⁽¹⁰⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000
65,9	9,8	31,20	1,90	0,09	0,46	0,30	o	o	o	o	o	P	+ ⁽¹¹⁾	o	o	+ ⁽¹²⁾	> 10.000	> 10.000	10.000
64,4	8,8	3,25	0,62	0,23	0,20	0,25	o	o	o	?	o	P ⁽¹³⁾	o	o	o	P ⁽⁸⁾	> 10.000	> 10.000	> 1.000
70,1	3,1	18,30	0,30	0,05	0,54	0,02	o	o	o	P ⁽¹⁴⁾	o	P	o	o	o	P ⁽⁸⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000
105,8	7,0	24,90	o	o	0,54	0,35	o	o	o	?	o	P	o	o	o	+ ⁽¹⁵⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000
90,4	10,0	40,00	1,00	0,17	1,08	0,22	o	P	o	?	o	P	+ ⁽¹⁶⁾	o	o	+ ⁽¹⁷⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000
119,6	8,6	29,60	1,50	0,11	0,46	0,30	o	o	o	P	o	P	o	o	o	+ ⁽¹⁵⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000
102,8	11,1	31,75	1,47	0,12	1,24	0,2	o	o	o	P	o	o	o	o	o	+ ⁽¹⁸⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000

(1) 0,240 (2) 1,750 (3) 0,073 (4) 0,500 (5) 6 mg (6) 0,010 (7) 0,015 (8) 0,500 (9) 0,150 (10) 0,500
 (11) 0,21 (12) 0,600 (13) 0,035 (14) 0,800 (15) 1 mg (16) 0,500 (17) 0,900 (18) 1,500

- L.Fu₁ : FURAN à ANDRÉZIEUX.-

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						T M O					
69	3-5-16	1,92	7°-6°	7,4	8,00	67	15	34,0	105 47 58	2.575	10,4	6,5	32,0	104,2
70	4-8-11	8,10	8°-7°	7,2	8,20	70	10	6,4	146 69 77	3.390	11,6	8,5	13,1	78,9
71	5-12-11	1,46	15°	7,3	6,70	69	50	39,0	79 41 38	1.350	13,4	12,0	30,2	128,6
72	6-9-12	1,37	25°-17°	7,5	6,00	65	175	7,7	46 21 25	1.550	14,5	16,3	38,7	101,8
73	7-10-11	0,86	20°-16°	7,3	5,50	55	18	5,2	38 21 17	1.515	16,8	15,3	51,7	149,8
74	8-6-11	0,71	26°-22°	7,2	6,70	68	10	6,0	38 20 18	1.710	16,8	10,0	43,7	141,2
75	9-7-12	0,79	21°-16°	7,1	7,00	70	4	0,4	50 36 14	1.940	15,2	11,5	36,2	124,8
76	10-21-12	1,06	5°-10°	7,1	7,00	62	24	7,7	34 14 20	1.270	14,8	14,0	51,7	144,0
77	11-23-14	1,00	10°-10°	6,9	5,50	49	20	12,8	50 17 33	1.330	13,4	17,0	39,1	106,6
78	2-8-13	1,25	10°-6°	7,2	7,00	56	60	26,2	117 57 60	1.470	15,6	15,5	65,9	144,0

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
42,9	3,9	9,90	2,12	0,25	0,65	0,25	o	o	o	?	+(1)	o	o	o	o		> 10.000	> 10.000	> 10.000
24,4	3,9	0,60	4,28	0,23	0,80	0,15	o	o	o	P	+(2)	o	o	o	o	?	> 10.000	> 1.000	120
56,7	6,4	20,50	4,43	2,88	o	o	o	o	o	?	o	P	o	o	o	+(3)	> 10.000	> 5.000	5.000
68,7	7,6	13,40	1,83	0,64	0,60	0,30	o	o	o	?	o	P	o	o	o	+(4)	> 10.000	> 10.000	> 10.000
85,9	6,6	7,70	1,99	4,30	0,02	o	o	o	o	?	o	P	o	o	o	+(5)	> 10.000	> 5.000	3.000
73,6	3,1	0,16	26,52	0,03	0,06	o	o	o	o	P ⁽⁶⁾	o	P	o	o	o	+(7)	> 5.000	500	1.200
53,6	4,3	4,90	4,43	0,73	1,48	0,50	o	?	o	?	o	P	o	o	o	+(1)	> 10.000	> 10.000	> 10.000
90,4	8,1	9,50	14,20	0,71	0,04	o	o	P	o	?	o	o	o	o	o	+(8)	> 10.000	> 10.000	> 10.000
70,5	6,2	19,80	0,62	0,19	0,72	0,22	o	o	o	?	o	P	o	o	o	+(5)	> 10.000	6.000	8.000
75,1	8,8	30,25	0,62	0,72	0,25	0,2	o	o	o	P	o	o	o	o	o	+(6)	> 10.000	> 10.000	> 10.000

(1) 1 mg

(2) 3 mg

(3) 0,900

(4) 0,600

(5) 1,200

(6) 0,900

(7) 0,750

(8) 1,800

N°	DATE M J H	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
- L.Co : COISE À MEYLIEU.-														
79	4- 4-16		15° - 8°	7,0	10,00	87	4		16	7.160				
80	10-12-10		15°-11°	7,9	7,00	64	3	0,4	24 10 14	2.065	11,0	12,8	77,3	21,9
- L.Ma : MARE À BOISSET-LES-MURES.-														
81	4- 3-17		10° - 8°	7,2	10,50	90	5		38	9.270				
82	10-12-13		13°-13°	7,4	9,50	90	3	0,8	19 5 14	5.715	5,4	6,3	9,6	15,3
- L.Li : LIGNON - PONT DE LA N-89.-														
83	4- 4-17		9° - 8°	6,9	10,00	87	3		23	14.320				
84	10- 5-16		16°-18°	6,9	10,50	110	20		16 15 1	14.300	1,9	2,5	3,9	3,9
- L.Vi ₂ : VIZERY À MONTBRISON.-														
85	4- 4-10		10° - 8°	6,8	10,50	92	3		6	17.690				
86	10- 5-11		12°-13°	6,5	11,70	110	7		9 7 2	6.825	5,0	5,3	7,1	14,9
- L.Vi ₁ : VIZERY À MONTVERDUN.-														
87	4- 4-18		9° - 7°	6,8	10,25	89	4		15	16.850				
88	10- 5-17		16°-17°	6,9	11,70	120	6	0,7	28 23 5	5.560	5,9	6,5	10,3	13,8

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	> 5.000	2.000	1.750
62,6	4,7	0,18	2,25	0,07	0,20	0	0	0	0	P	?	0	0	0	0		800	500	20
																	> 5.000	> 2.000	500
16,2	2,3	0,24	3,54	0,15	0,16	0	0	0	0	P	?	0	0	0	0		> 10.000	3.000	150
																	> 5.000	1.600	750
6,1	1,8	0,77	0,93	0,49	0,08	0	0	0	0	P ⁽¹⁾	?	0	0	0	0		> 10.000	6.000	8.000
(1) 0,600																			
																	> 5.000	> 5.000	1.250
12,3	2,3	0,06	2,34	0,07	0,04	0	0	0	0	P	?	0	0	0	0		> 10.000	1.500	140
																	> 5.000	1.500	750
15,0	3,1	0,24	3,98	0,14	0,008	0	?	P	0	P ⁽²⁾	?	0	0	0	0		> 10.000	2.000	200

(2) 0,700

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						T M O					

- L.Tr. : TRAMBOUZE A BOURG-DE-THIZY.-

89	4-6-15		8°	7,2	9,60	64	6		35 12 23	5.650				
90	10-2-16		19°-12°	7,2	4,00	36	12	16,9	15 4 11	1.090	10,2	21,5	63,1	192,0

- L.Rh. : RHINS A SAINT-VINCENT.-

91	4-6		8°-7°		9,70	85	4		48 26 22					
92	10-2-17		17°-15°	6,7	5,60	55	3	2,4	7 3 4	2.490	10,0	9,3	42,6	62,4

- L.Ou. : OUDAN A ROANNE.-

93	2-13			7,0	0,60	10	300	22,0	188 108 80	2.645	11,5	12,5	33,7	33,4
94	7-8-15		30°-27°	7,2	1,00	13	150	6,8	46 15 31	2.106	8,6	12,0	51,0	32,8
95	9-18-16		17°	7,0	4,00	41	105	5,9	20 1 19	445	71,20	11,5	858,1	37,0
96	10-23-16		11°	7,2	7,40	67	80		31 6 25	2.380	9,0	11,0	41,9	64,5

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
196,2	8,4	1,41	1,90	0,43	0,46		0	0	0	P ^{(1)?}	0	0	0	0	0	+ ⁽²⁾	>10.000	600	150
(1) 0,800		(2) 2 mg.																	
53,7	4,1	0,16	2,21	0,12	0,20	0	0	0	0	P ?	0	0	0	0	0	P ⁽³⁾	2.000	100	20
(3) 0,420																			
29,1	6,7	8,15	1,07	0,04	0,40	0,20	0	0	0	+ ^{(4)?}	P	0	0	0	0				
49,8	4,3	1,83	0,71	0,05	0,37	0	0	0	0	? 0	P	0	0	0	0	+ ⁽⁵⁾			
253,0	17,2	16,30	0,26	0,05	0,37	0	0	0	0	P	0	0	+ ⁽⁶⁾	0	0	+ ⁽⁷⁾	>10.000	>10.000	>10.000
58,2	4,3	9,20	0,71	0,21	0	0	0	0	0	? 0	0	0	0	0	0	+	10.000	5.000	40.000
(4) 0,050		(5) 1,400		(6) 0,035		(7) 1,200		(8) 0,700											

- R.Dra. : DRANSE À THONON.-

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						T M O					
97	2-16-15	2,6	5,5	8,2	11,00	89	3,0		15	1.790			2,13	
98	4-20-18		13°-10°	8,1	9,10	83	5,0		42 25 17	3.200				
99	8-31- 8	19,8	17°-11°	7,6	9,50	86	2,0		46 32 14	2.360				
100	10-26-18	17,7	8°- 8°	8,2	9,50	80	2,5	6,9	12 5 7	2.490	22,2	17,5	3,5	50,6

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	400	0	0
																	> 5.000	700	200
																	10.000	750	500
2,3	1,01	0,40	2,12	0,12	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0		10.000	550	300

N°	DATE	T	DEBIT	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H	AIR-EAU							T M O					

- R.Ar₄ : ARVE - PONT DE DOMANCY À PASSY -

101	2-17-18	4,5		5°	8,0	9,00	73	3,5		17	2.360						3,9	
102	5-5-18	39,0		11°-9°	7,9	8,75	79	3,0	1,3	124 110 14	5.500			9,7		6,0	0,3	25,9
103	11-24-17	5,0		5°-4°	7,3	11,00	85	4,0	1,0	32 25 7	4.350			8,4		5,5	0,7	38,4

- R.Ar₃ : ARVE - PONT DE VOUGY.-

104	2-16-19	10,0		5°	8,4	10,80	88	3,7		13	2.190						3,9	
105	5-5-18	45,0		10°-10°	7,8	8,75	80	3,0	1,7		5.040			11,8		8,5	0,3	31,1
106	9-11-17			18°-14°	7,2	9,50	90	2,5		52 39 13	4.220							
107	11-24-16	5,0		6°-6°	7,8	10,50	83	2,5	1,0	22 11 11	2.980			19,6		12,7	2,8	73,9

- R.Ar₂ : ARVE - PONT D'ARTHAZ.-

108	5-4	68,0		11°-10°	7,9	8,75	80	2,0	1,2	127 111 16	3.710			15,4		11,5	0,7	29,9
109	8-31-9	71,0		17°-9°	7,9	9,00	78	2,0		278 137 141	4.130							
110	10-26-17	34,0		8°-7°	8,1	10,00	82	2,0	7,4	21 15 6	2.720			20,4		14,0	3,5	66,8
111	11-24-15			6°-6°	7,9	10,00	80	2,2	0,2	12 4 8	2.800			19,6		12,5	2,4	65,0

- R.Ar₄ : ARVE - PONT AU SUD D'ANNEMASSE.-

112	2-17-7	12,1		4°	8,1	9,15	71	8,0		17	1.850						12,4	
113	11-24-15			6°-5°	7,2	2,20	86	2,2	0,2	12 4 8	2.650			20,4		14,2	2,8	58,5

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	> 5.000	4.000	2.500
1,1	1,2	0	0,80	0,05	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		4.000	2.000	5.000
3,0	0,9	0	1,29	0,03	0,18	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		6.000	3.000	1.000
																	> 5.000	600	300
0,9	0,5	0	0,93	0,10	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		4.000	2.000	5.000
																	> 10.000	> 5.000	> 5.000
3,2	0,6	0,57	1,51	0,04	0,04	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0		8.000	2.000	600
2,1	0,7	0	1,07	1,07	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		4.000	2.000	5.000
																	> 10.000	3.000	1.200
3,5	1,3	0	2,12	1,18			0	0	0	?	0	0	0	0	0		> 10.000	2.250	400
2,7	0,5	0	1,19	0,04	0,04	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		6.000	1.000	100
																	> 5.000	300	350
3,6	0,9	0,45	1,60	0,04	0,08	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		8.000	700	450

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						T M O					
- R.Va. : VALSERINE - AMONT DE BELLEGARDE.-														
114	2-17-9		6,5	8,1	9,80	82	1,5		13	3.370			1,0	
115	8-31-11		22°-15°	8,0	8,70	85	2,0	0,2	8 6 2	3.200	17,5	17,0	0,7	6,0
116	11-11-12	2,9	10°-7°	8,0	12,00	99	2,5	1,0	4 0 4	3.400				
- R.U.s. : USSES AU PONT ROUGE.-														
117	2-17-11	1,4	6,5	8,1	9,15	75	2,5		59	2.530			1,7	
118	3-24-16	7,0	9°-8°	8,0	9,00	79	3,0		107	3.030				
119	8-31-15		23°-19°	8,3	9,00	96	2,00		18 11 7	2.440				
120	11-11-20	0,9	4°-8°	8,0	9,50	80	2,5	1,0	6 3 3	2.350	28,0	23,5	7,5	18,8

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						T M O					

- R.Fi2 : FIER À CRAN-GEVRIER.-

121	3-24-17	45,0	8° - 8°	7,6	9,70	85	3,0		130	3.790				
122	8-31-16		17° - 17°	8,1	7,70	80	4,0		65 48 17	3.370				
123	11-12-10	6,8	7°	7,7	9,50	78	1,5	1,6	54 34 20	2.920	16,0	16,2	2,1	13,2

- R.Fi1 : FIER AU PONT N. 491.-

124	2-17-11	24,0 ?	4°	7,9	7,50	60	2,5		12	2.610			6,3	
125	3-24-12	100,0	9° - 8°	8,1	10,00	85	3,0		52	3.120				
126	8-31-15	20,0	23° - 15°	8,0	7,50	76	2,0		63 58 5	3.370				
127	11-12-20	22,0	6°	7,7	9,50	75	1,5	1,2	8 3 5	2.920	18,8	18,0	7,8	10,9

- R.Le : LEYSSE AU PONT DE TREMBLAY.-

128	3-24-11		8° - 8°	8,0	9,20	81	5,0			2.860				
129	8-31-17		18° - 17°	7,2	3,50	36	12,0		36 21 15	1.770				
130	11-12-12		11° - 10°	7,4	9,00	80	4,5	3,2	15 5 10	2.350	25,4	23,5	9,2	19,7

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	4.000	600	750
																	> 10.000	> 10.000	> 5.000
4,0	0,9	0,36	0,55	0,03	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	> 10.000	> 10.000	> 10.000
																	2.000	60	0
																	> 5.000	1.250	900
																	> 10.000	750	2.500
5,3	3,1	0,63	0,40	0,08	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	10.000	6.000	1.250
																	> 5.000	> 5.000	> 5.000
																	> 10.000	> 10.000	8.000
8,5	2,0	2,19	1,07	0,40			0	0	0	?	0	0	0	0	0	P ⁽¹⁾	> 10.000	> 7.000	5.000

(1) 0,5 mg/l.

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
- R.Sa. : CANAL D'AIX-LES-BAINS AU RHONE (SAVIÈRE).-														
131	2-17-11	<10	7°	7,8	9,50	81	1,5		10	3.300			2,8	
132	3-24-11	17	9° - 7°	7,7	9,00	77	2,0		4	3.120				
133	11-12-11	<10	7° - 9°	7,8	10,00	91	1,5	0,8	4 0 4	3.650	13,6	12,5	1,0	14,4
- R.Gu. : GUIER EN AMONT DE SAINT-GENIS-SUR-GUIER.-														
134	2-17-15	5,5	8°	8,1	10,50	92	2,0		14	2.640			3,2	
135	8-31-19	5,0	17° - 16°	8,2	9,50	90	2,0		15 9 6	3.200				
136	11-12-14	7,5	12° - 8°	7,3	12,00	100	2,0	1,2	11 6 5	2.920	19,2	18,7	2,8	8,8

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	500	400	0
																	2.000	20	100
0,6	1,1	0	0,80	0,03	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		100	10	10
																	7 5.000	0	0
																	5.000	300	500
3,0	0,7	0,04	0,93	0,05			0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	3.500	150	25

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
- R.Bo6. : BOURBRE EN AMONT DE LA TOUR-DU-PIN.-														
137	9-3-10		21°-15°	7,8	7,00	70	2,0	0,1	3 3 0	2.320	24,0	23,5	9,6	9,3
138	11-30-15		2°-4°	7,7	9,50	73	2,5	1,6	5 0 5	2.190	25,8	24,2	7,1	16,9
- R.Bo5. : BOURBRE EN AMONT DE BOURGOIN.-														
139	9-3-11		22°-18°	7,6	3,50	38	40,0	26,6	125 64 61	1.740	30,2	32,2	17,7	20,5
140	11-30-15		2°-4°	7,8	8,70	67	7,0	7,6	35 10 25	2.110	27,6	25,2	12,4	19,2
- R.Bo4. : BOURBRE AU PONT DE JALLIEU.-														
141	2-17-9		7°	8,0	8,10	71	10,0		41	2.190				
142	5-21-12		14°		8,10	81	13,0		61 23 38					
143	9-3-11		22°-17°	7,2	10,20	106	7,0	0,1	12 5 7	1.900	28,0	27,0	12,4	17,1
144	11-30-15		3°-8°	7,2	5,20	41	24,0	9,4	37 10 27	1.770	27,6	28,0	16,6	22,6
- R.Bo3. : BOURBRE A ISLE-D'ABEAU.-														
145	11-30-16		4°-8°	7,3	4,30	38	32,0	13,4	130 38 92	1.770	28,2	27,2	12,4	39,5
146	9-3-11		22°-17°	7,4	3,00	31	16,0	14,7	28 7 21	1.740	29,6	28,7	13,8	32,2

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
6,1	0,7	0,77	3,8	0	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		> 5.000	700	> 3.000
4,0	1,0	0,73	4,9	0	0,10	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	8.000	110	90
27,6	4,5	1,92	3,15	0,04	0,01	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	5.000	500	2.000
9,0	1,2	0,29	3,40	0,36	0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	P	> 10.000	7.500	2.400
																	> 10.000	4.000	> 10.000
																	> 10.000	> 10.000	> 5.000
8,8	1,2	1,77	7,95	0,21	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	1.000	200	1.500
16,5	1,6	3,42	0,62	0,84	0,04	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	+ (1)	> 10.000	4.000	7.000
(1) 2,100 mg.																			
20,5	1,6	2,40	0,62	0,25	0,54	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	p(2)	> 10.000	4.000	3.600
19,0	2,2	1,03	1,42	0,66	0,12	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	?	> 10.000	900	300

(2) 0,500 mg.

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	CI	SO ₄
- R. Bo2 : BOURBRE AU PONT DE JAMEYZIEU.-														
147	2-17-10	5,5	8°	8,0	7,00	63	3,0		27	2.270			14,5	
148	5-27-12	6,85	14°	7,6	6,50	65	10,0		45 11 34	1.930				
149	9-3-12	2,1	22°-22°	7,4	2,00	21	10,0	7,0	11 5 6	1.820	29,2	27,2	17,7	39,0
150	11-30-16	6,4	4°-7°	7,4	6,00	49	4,5	4,8	17 5 12	1.940	30,0	27,2	8,17	27,0
- R. Bo1 : BOURBRE AU PONT DE LA D. 55.-														
151	1-23-11	6,2	0°-2°	7,8	8,60	63	7,0		32	1.860			10,6	
152	2-17-10	5,5	9°	8,1	9,10	82	4,0		21	2.190			17,7	
153	5-27-12	6,2	12°-13°	7,6	7,80	76	4,0		42 15 27	1.930				
154	3-9-14	2,2	22°-17°	7,7	8,00	82	4,0	4,0	50 37 13	1.900	30,2	26,0	11,7	28,2
155	11-30-17	6,5	5°-7°	7,4	9,00	74	3,5	0,8	5 2 3	1.940	29,2	27,2	10,3	26,5

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	> 3.000	750	750
																	> 10.000	> 10.000	> 5.000
18,4	1,7	1,13	5,53	0,81	0,20	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	?	> 5.000	3.300	3.500
7,0	1,0	0,57	4,73	0,23	0,25	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	P	> 10.000	300	150
																	> 5.000	> 5.000	> 2.000
																	> 5.000	2.250	2.580
																	> 5.000	> 5.000	> 4.000
10,1	1,2	0,29	9,50	0,18	0,16	0	?	0	0	P	0	0	0	0	0	0	> 5.000	1.600	200
8,4	1,2	1,07	6,45	0,19	0,20	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	P ⁽¹⁾	8.000	60	3.000

(1) 0,435

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J A		AIR-EAU						T M O					

- A₁ : AIN À PORT-GALLANT.-

156	1-23-12		0° - 2°	8,0	11,50	86	2,0		17	2.720	20,0	19,2	3,2	7,6
157	2-17-11		7°	8,0	11,70	98	4,0		14	3.290			1,7	
158	5-23-11		11°	8,0	8,60	80	2,0	0,1	12 5 7	2.865	19,8	20,0	1,0	5,6
159	9- 3-15		22° - 20°	8,0	9,90	108	3,0	0,1	14 4 10	3.060	19,6	18,0	5,3	7,3
160	11-30-17		4° - 7°	7,9	10,10	82	4,0	1,0	12 4 8	2.865	19,8	19,5	2,1	9,6

- AA₁₂ : ALBARINE EN AMONT DE TENAY.-

161	2-17-13		8°	8,1	9,70	85	4,5		24	3.030			7,8	
162	5-21-10		10°	7,9	9,00	84	2,5		17 6 11	2.610				
163	3- 9-16		23° - 14°	7,0	10,50	100	3,0	0,1	24 18 6	2.800	22,2	21,5	3,9	7,8
164	11-30-18		4° - 8°	7,8	9,50	80	2,0	0,2	7 2 5	2.690	22,5	22,5	2,8	4,9

- A.A₁₁ : ALBARINE AU PONT DE SERRIÈRES.-

165	2-17-12		8°	8,0	9,10	80	3,5		29	3.275			4,9	
166	5-21-11		11°	8,1	9,60	86	3,0		19 4 15	2.865				
167	9- 3-16		22° - 17°	7,9	10,70	113	3,0	0,1	49 16 33	2.560	19,4	18,5	3,2	10,4
168	11-30-18		3° - 7°	8,0	10,00	82	3,5	0,3	9- 2- 7	2.610	22,0	21,7	2,4	5,8

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
1,8		0,32	2,21	0,06	0,06	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0		90	80	35
																	900	25	10
1,6	0,5	0	1,29	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	?	800	150	80
2,3	0,4	0,03	1,51	0,03	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	20	10	0
1,8	0,5	0	3,54	0,03	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	5.000	400	50
																	> 5.000	6.000	3.000
																	2.000	1.200	200
3,5	0,8	0,16	4,73	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		400	100	120
2,1	0,9	0,41	3,98	0,04	0,16	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0		10.000	5.000	1.250
																	> 5.000	2.250	2.500
																	> 10.000	> 10.000	2.000
4,6	0,6	0,17	2,34	0,17	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0			
3,5	0,7	0,29	2,47	0,04	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	10.000	2.500	1.250

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
- S.Br ₂ - BREVENNE EN AMONT DE SAIN-BEL.-														
169	1-21-15		4° - 3°	7,3	10,85	83	3		5 2 3	5.580			9,2	
170	3-23-17		12° - 9°	7,4	10,00	90	3		82	6.460				
171	6-22-9		13°	7,5	8,60	72	5		16 10 6	3.450				
172	10-20-8		7° - 5°	7,6	9,20	80	3	0,4	12 6 6	2.950				
- S.Br ₁ : BREVENNE A L'ARBRESLE.-														
173	3-23-7		12° - 9°	7,3	9,10	83	4		59	6.060				
174	6-22-11		16° - 16°	7,4	8,50	89	5	0,1	16 10 6	2.200	23,6	9,4	13,8	135,4
175	10-20-9		10°	7,3	8,10	70	5	0,3	19 10 9	1.770				
- S.Tu ₂ : LA TURDINE EN AMONT DE PONTCHARRA.-														
176	3-23-17		12° - 9°	9,0	9,50	85	15		21	6.480				
177	6-22-9		16°	8,3	1,00	10	40		79 29 50	1.685				
178	10-20-8		4° - 11°	7,2	4,60	42	60	10,2	100 28 72	1.940				
- S.Tu ₁ : LA TURDINE EN AMONT DE L'ARBRESLE.-														
179	1-21-15		3° - 3°	7,3	10,25	79	10		6 3 3	3.780			18,8	
180	3-23-18		12° - 9°	7,3	10,00	90	7		27	7.240				
181	6-22-10		16°	7,5	8,50	88	6	3,0	20 10 10	2.820	10,0	11,5	31,6	27,6
182	10-20-9		8° - 9°	7,5	8,00	65	9	3,6	9 4 5	1.940				

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	4.000	1.500	50
																	> 5.000	1.500	1.000
																	400	200	40
																	1.000	450	50
																	> 5.000	> 5.000	3.000
13,8	2,2	0,13	2,30	0,11	0,08	0,22	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	2.500	650	500
																	10.000	2.000	100
																	> 5.000	3.200	2.500
																	> 10.000	> 10.000	> 10.000
																	> 10.000	8.000	> 10.000
																	> 5.000	600	> 100
																	4.000	3.000	1.700
39,8	2,1	0,25	3,15	0,58	0,48	0	0	0	0	?	0	P	0	0	0	P	450	50	100
																	10.000	3.000	1.500

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
- S.Az2 : AZERGUES AU PONT DE DORIEUX.-														
183	1-21-15		4° - 3°	7,3	10,75	84	2		4 0 4	5.580			6,4	
184	3-23-15		9°	7,2	9,50	86	3		20 15 5	9.090				
185	6-22-11		16°	7,5	7,00	73	4	1,9	10 6 14	2.820	16,6	14,5	12,4	30,5
186	10-20-10		8° - 9°	7,4	9,60	76	3	0,4	10 3 7	5.400				
- S.Az1 : AZERGUES AU PONT DE LOZANNE.-														
187	1-21-15		4° - 3°	7,3	10,25	79	3		5 3 2	3.960			17,0	
188	3-23-15		10°	7,4	8,75	79	2		40					
189	6-22-11		18°	7,8	8,50	92	3		5 2 3	2.275				
190	10-20-10		7° - 9°	7,5	8,40	72	6	0,7	9 4 5	2.245				

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	CI	SO ₄
- S.Re ₂ : REYSSOUZE EN AVAL DE BOURG.-														
191	4-26-19		14°-15°	8,1	8,80	90	3,5	0,4	8 3 5	3.960	14,0	13,2	8,9	10,6
192	10-18-14		12°-12°	7,5	6,20	57	4,0	0,4	12 7 5	2.020				
- S.Re ₁ : REYSSOUZE AU VILLAGE DE REYSSOUZE.-														
193	2-17-15		6°	8,0	9,90	81	3,5		33	2.611			5,3	
194	4-26-16		23°-17°	7,9	8,20	88	4,0	0,4	15 8 7	2.950	18,4	18,0	5,6	12,1
195	9- 8-10		22°-18°	7,6	4,30	50	3,0	0,8	12 10 2	2.560	16,8	17,0	27,7	19,8
196	10-20-15		13°-11°	8,0	12,60	117	8,0	0,8	29 20 9	2.360				
- S.Ve. : VEYLE EN AVAL DE PONT-DE-VEYLE.-														
197	2-17-13		6°	8,2	9,10	75	1,6		10	2.190			7,1	
198	4-25-15		19°-15°	7,9	8,75	90	3,0		15 7 8	3.200				
199	9- 8-11		22°-18°	7,7	4,20	45	3,0	0,5	18 15 3	2.400	18,8	19,2	10,6	5,5
200	10-20-14		17°-11°	7,6	7,90	72	3,0	0,4	12 6 6	2.870				
- S.Ch. : CHALARONNE AU SUD DE THOISSEY.-														
201	2-17-11		6°	7,9	10,10	84	3,5		18	3.800			6,7	
202	4-26-14		21°-16°	7,7	8,20	85	4,0		15 4 11	3.450				
203	9- 8-11		22°-17°	7,8	10,20	103	5,0	0,2	56 53 3	2.600	19,8	19,5	14,9	8,6
204	10-20-14		13°-11°	6,4	9,40	85	10,0	0,4	11 5 6	2.525				

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET	COLIF	E. COLI	S. F.
6,7	1,9	0,57	2,20	0,38	0,22	0,10	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	2.000	580	10
																	3.500	115	10
																	> 10.000	125	0
8,2	2,0	0,29	2,12	0,20	0,08	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0		2.000	160	0
19,0	3,5	0,92	0,66	0,16	0,02	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	4.000	1.000	250
																	> 10.000	1.000	80
																	> 5.000	325	0
																	700	660	60
9,0	1,0	0,45	0,45	0,08	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	4.000	40	80
																	8.000	200	10
																	1.800	300	20
																	1.600	120	10
9,2	0,7	0,13	1,42	0,04	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.000	1.000	60
																	> 10.000	800	30

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	CI	SO ₄
- S ₄ : SAONE - AMONT DE MÂCON.-														
205	2-17-17		6°	8,1	10,00	82,5	3,0	1,2	32	2.020	24,0	18,5	53,2	22,6
206	4-26-16		20°-15°	8,0	8,50	86	2,0	0,3	22 12 10	2.100	23,6	18,8	47,9	16,1
207	9- 8-10		23°-20°	8,0	10,40	113	4,0	1,2	35 22 13	990	32,0	15,2	269,4	64,9
208	10-20-10		12°-12°	7,8	9,00	83	4,5	5,4	30 24 6	1.180	29,8	16,7	178,9	33,4
- S ₃ : SAONE AU PONT DE BELLEVILLE.-														
209	1-21-17		1°- 3°	7,6	10,12	78	7,5		12 8 4	1.770	25,6	15,7	94,0	23,4
210	2-17-10		6°	8,1	10,00	82,5	3,0	1,4	34	2.020	23,2	18,2	53,1	22,6
211	3-23-16		9°	7,7	9,25	85	3,0	0,6	70 54 16	3.330	19,0	16,7	21,3	18,9
212	4-26-14		20°-15°	8,1	8,60	88	2,0	0,2	16 8 8	2.190	22,4	18,7	37,3	13,2
213	5-28-11		20°-13°	7,9	7,30	73	1,5	0,7	27 12 15	2.050	22,2	17,5	57,4	32,3
214	6-26-8		20°-21°	7,9	7,00	81	2,0	0,4	24 10 14	1.940	24,8	16,0	100,0	25,9
215	7-10-20		22°	7,8	7,25	85	2,0	0,1	9 5 4	1.350	26,6	15,7	138,0	25,3
216	8- 9-12		23°-20°	7,7	7,90	86	4,0	3,6	42 24 18	1.160	28,8	14,5	205,0	30,5
217	10-20-17		10°-12°	7,8	8,90	82	3,0	1,0	22 15 7	1.010	33,80	16,5	252,4	31,5
218	11 17 18		13°-9°	7,8	11,50	102	5,5	1,0	31 10 21	1.380	28,8	18,5	174,6	13,8
219	12-15- 8		10°- 5°	7,5	10,30	80	2,0	0,6	21 12 9	2.150	23,6	17,5	47,9	25,3

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
18,7	2,9	0,13	3,80	0,14	0,04	0,03	?	?		?	0	0	0	0	0		3.000	325	0
18,4	1,3	0	3,01	0,11	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	700	120	10
96,6	7,2	0,74	0,18	0,03	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.000	100	20
70,6	4,0	0,29	2,12	0,04	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	?	10.000	300	100
31,3		0,65	1,59	0,06	0,20	0,10	?	0	0	?	?	0	+(1)0	0	0		1.500	325	60
18,4	2,9	0,53	4,16	0,07	0,04	0,03	0	0		?	0	?	0	0	0		250	50	0
8,9	2,2	0,13	2,21	0,08	0,14	0	0	0	0	?	?	?	0	0	0	0	3.500	700	100
15,6	2,0	0	3,40	0,08	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	800	200	10
23,3	3,0	0	2,47	0,08	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	400	280	0
26,7	3,7	0	1,45	0,05	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	300	30	50
48,3	2,9	0,13	0,62	0,01	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	300	20	50
81,2	4,3	0,18	0,18	0,01	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	?	2.000	100	20
98,2	6,0	0,04	1,77	0,20	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	4.000	175	30
55,2	4,2	0	3,01	0,30	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	1.800	50	< 10
19,9	2,1	0,35	4,28	0,08	0,25	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	1.200	120	30

(1) 0,012

- S₂ : SAONE - PONT DE COLLONGES.-

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	CI	SO ₄
220	1-22-18		1° - 3°	7,7	11,00	80	10,7		12 10 2	1.780	26,6	17,7	90,1	24,9
221	2-17-9		6°	8,2	9,85	80	3,8	1,4	27	2.150	22,4	17,7	47,9	22,6
222	4-17-14		13°	8,0	9,15	91	3,0	4,2	29 16 13	2.270	21,8	18,8	35,5	16,7
223	4-26-11		18°-15°	7,9	9,00	92	2,0	0,1	21-10-11	2.100	22,4	18,5	43,7	13,2
224	9-8-13		24°-21°	7,5	8,3	92	2,0	3,6	15 5 10	1.730	23,4	15,7	114,6	30,2
225	10-20-11		10°-13°	7,9	9,7	91	3,0	0,9	24 17 13	1.010	33,6	16,0	249,5	35,3
226	11-17-17		13° - 9°	7,9	11,2	96	6,0	1,0	32 12 20	1.600	26,2	18,3	104,3	29,4
227	12-15-9		10° - 5°	7,5	10,0	78	1,5	1,4	34 26 8	1.735	23,0	16,7	85,5	29,9

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
31,3		0,49	1,99	0,06	0,18	0,17	?	o	o	?	?	o	o	o	o		1.800	325	20
17,5	2,7	0,95	3,67	0,11	0,04	0,03	o	o		?	?	o	o	o	o		1.500	110	10
15,3	3,0	0,09	0,95	0,28	0,06	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o				300
18,1	2,2	o	3,28	0,04	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	o	1.800	580	130
52,9	3,1	o	0,22	0,02	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	?	4.000	< 100	< 100
107,2	5,6	0,29	2,26	0,10	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	?	6.000	550	< 100
40,5	3,6	o	3,54	0,07	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	?	3.600	2.500	125
39,9	2,8	0,41	3,28	0,09	0,12	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	?	2.000	280	100

- S₁ : SAONE - PONT DE LA MULATIERE.-

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						T M O					
228	1-22-10		1° - 1°	7,8	12,05	87	3,5		8 5 3	1.630	25,6	18,5	87,2	29,4
229	2-16-9		5°	7,9	9,00	73	2,5	0,8	10	2.190	22,0	17,5	45,4	21,1
230	3-24-9		8° - 8°	7,9	9,50	86	3,0	0,7	73 45 28	2.950	18,2	16,5	13,8	19,6
231	4-17-16		12°	7,9	10,00	96	4,0	4,9	27 17 10	2.270	21,0	18,7	35,8	16,7
232	5-26-9		22° - 19°	7,9	7,75	80	1,8	0,4	8 4 4	1.935	22,6	18,5	59,5	14,2
233	6-26-11		24° - 22°	7,8	6,00	71	2,5	0,1	20 7 13	1.940	24,0	16,5	88,6	23,4
234	7-19-8		27° - 24°	7,7	5,50	65	1,0	2,5	15 7 9	1.515	25,2	14,7	134,1	23,6
235	10-20-17		13° - 12°	7,9	9,80	90	5,0	1,7	50 40 10	1.030	33,2	16,2	249,5	35,3
236	11-16-12		11° - 8°	7,7	10,00	92	4,0	2,0	19 10 9	1.650	25,4	18,7	90,8	29,4
237	12-15-10		10° - 5°	7,6	10,40	81	3,5	1,0	21 9 12	1.655	23,4	16,0	96,8	28,2

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
31,3		0,77	4,73	0,07	0,20	0,12	?	o	o	?	?	o	o	o	o		> 5.000	2.500	300
16,2		0,57	4,28	0,05	0,08	0,02	o	o		?	?	o	o	o	o		> 5.000	900	250
6,7	2,1	o	3,01	0,16	0,12	o	o	o	o	?	?	o	o	o	o	o	> 2.000	1.600	900
15,3	2,9	o	1,60	0,14	0,04	o	o	o	o	?	?	o	o	o	o		> 2.000	1.200	1.500
23,9	2,5	o	2,21	0,15	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	o	> 10.000	> 5.000	150
32,6	3,4	0,32	2,66	0,08	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o		> 10.000	1.000	500
49,8	4,4	0,73	0,62	0,06	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	?	> 10.000	4.000	1.000
101,2	5,1	0,17	1,02	0,06	o	o	o	?	o	?	o	o	o	o	o	?	> 10.000	8.000	1.200
36,2	3,5	o	3,80	0,74	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o		> 10.000	> 10.000	> 10.000
39,2	3,0	0,41	3,80	0,06	0,08	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o	?	3.200	500	400

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	CI	SO ₄
- R.La. : LANGONAND - AMONT DE SAINT-CHAMOND.-														
238	12-15-12		10° - 6°	7,0	9,50	82	2,5	1,2	16 9 7	4.920	5,8	3,0	6,4	33,4
- R.Gi6 : GIER - AMONT DE SAINT-CHAMOND.-														
239	12-15-12		10° - 6°	6,8	9,25	74	4,0	2,4	54 36 18	17.110	1,6	1,3	2,1	6,7
- R.Gi5 : GIER - AVAL DE SAINT-CHAMOND.-														
240	8-28-10		30° - 19°	6,7	7,25	75	> 40	7,7	93 26 67	778	26,8	2,0	110,6	622,0
241	10-21		10°	5,5	7,50	65	50	35,4	92 32 60	675	26,4		40,8	668,0
242	11-23-16		11° - 13°	6,2	7,25	63	100	33,4	117 26 91	635	18,6	3,0	67,0	853,0
243	12-15-13		14° - 11°	5,8	6,60	60	120	31,6	108 34 74	840	16,6	3,5	59,5	507,0

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
8,9	2,8	0,63	4,28	0,05	0,02	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0		20	< 10	35
4,6	1,0	0,20	1,25	0,04	1,16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	?	> 10.000		4.500
223,8	4,6	5,92	0,22	0,21	2,00	0,30	0	0	0	P ⁽¹⁾ P ⁽²⁾	0	0	0	0	0		> 10.000	2.000	100
257,7	19,2	13,40	2,17	0,19	5,40	0,45	0	0	0	?	+ ⁽³⁾ 0	+ ⁽⁴⁾ 0	0	0	0		150	5	0
345,0	6,8	22,70	1,50	0,10	0,31	0,45	0	0	0	P	0	P	0		+ ⁽⁶⁾	+ ⁽⁵⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000
207,0	6,6	26,0	3,15	0,11	1,65	0,25	0	0	0		0	0	+ ⁽⁷⁾ 0	+ ⁽⁸⁾	+ ⁽⁹⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000	

(1) 0,800 (2) 4,500 (3) + de 20 mg (4) 0,050 (5) 2 mg (6) 0,03 (7) 0,050 (8) 0,060 (9) 1,500

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						T M O					

- R.Gi4 : GIER - AVAL DE RIVE-DE-GIER.-

244	2-16-12		7°	7,0	7,40	61	10,0		26					
245	3-24-14	7,20	11°	7,2	9,25	87	6,0	3,0	34 16 18	3.890	7,2	3,5	13,1	64,5
246	4-28-12	2,50	23°-15°	7,1	8,50	87	12,0	5,0	25 5 20	2.100	11,6	4,2	26,2	123,8
247	5-26-11	2,30	15°	7,1	8,00	82	15,0	0,5	37 30 7	2.275	11,8	4,5	15,6	126,7
248	6-15-15	1,05	30°-20°	7,0	7,50	89	15,0	2,1	39 21 18	1.920	14,8	4,2	19,2	171,8
249	7-21-10	0,53	30°-22°	6,8	5,75	65	10,0	4,3	55 25 30	930	15,8	5,0	41,5	443,6
250	8-28-11	0,53	32°-21°	7,5	7,60	85	240,0	5,2	27 20 7	1.240	18,4	7,0	44,0	282,4
251	9-15-9	0,66	24°-19°	6,0	7,50	80	6,5	3,2	77 55 22	1.010	22,8	0,5	31,2	460,8
252	10-20-10	0,95	7°5-11°	6,5	7,80	71	40,0	7,4	60 26 34	1.075	14,4	8,9	40,8	299,6
253	11-16-9	0,38	7°-8°	6,8	8,50	73	16,0	7,4	71 36 35	910	15,4	3,5	34,1	450,0
254	12-15-12	0,95	12°-9°	6,8	7,40	54	30,0	11,1	64 31 33	1.010	15,4	7,7	69,5	202,7

- R.Gi3 : GIER - PONT DE SAINT-ROMAIN.-

255	1-22-11		3°-2°	7,2	10,75	85	10,0		11	1.950			23,7	
256	2-16-12		7°	7,0	7,75	66	7,5		31	1.865			25,5	

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.	
																	> 5.000	3.250	> 5.000	
21,4	2,2	1,56	4,16	0,21	0,22	0,05	0	0	0	0	P ⁽¹⁾	0	0	0	0	P	> 5.000	4.000	> 5.000	
49,0	2,6	1,56	1,63	0,07	0,16	0,20	0	0	0	0	P ⁽²⁾	?	0	0	0	0	> 10.000	> 10.000	5.000	
39,9	4,2	2,11	6,63	0,45	0,56	0,25	0	0	0	?	+ ⁽⁵⁾	?	0	0	0		> 10.000	> 5.000	> 10.000	
56,6	3,1	0,90	5,22	0,43	0,46	0,30	0	0	0	P	+ ⁽⁴⁾	0	0	0	0	?	> 10.000	> 5.000	> 5.000	
20,7	7,6	8,50	0,71	0,05	1,56	0,83	0	0	0	P	P ⁽⁵⁾	0	0	0	0	+ ⁽⁶⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000	
99,6	4,8	7,92	3,15	0,25	2,64	0,65	0	0	0	P ⁽⁷⁾	P ⁽⁸⁾	0	0	0	0	P ⁽⁹⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000	
115,9	4,0	8,15	2,05	0,18	10,80	0,80	0	0	0	P	0	?	0	0	0		3.000	100	3.000	
125,6	5,6	9,90	1,90	0,49	0,20	0,30	0	0	0	P	P ⁽²⁾	?	0	0	0	+ ⁽¹¹⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000	
190,0	5,1	2,58	0,93	0,07	0	0,30	0	0	0	P ⁽¹²⁾	P ⁽¹³⁾	0	0	0	0		> 10.000	> 10.000	> 10.000	
168,5	4,7	10,70	0,98	0,05	1,60	0,60	0	0	0	?	P ⁽¹⁴⁾	P ⁽¹⁵⁾	0	+	0	0	+ ⁽⁶⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000
(1) 1,600	(2) 1,100	(3) 5 mg	(4) 7,750	(5) 4,800	(6) 0,680	(7) 0,800	(8) 2,250													
(9) 0,500	(10) 2	(11) 1,620	(12) 0,700	(13) 6,100	(14) 1,25	(15) 0,050	(16) 1,160													
																	> 5.000	3.500	1.000	
																	> 5.000	2.500	> 5.000	

- R.G12 : GIER À GIVORS EN AMONT.-

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	CI	SO ₄
257	2-16-10		7°	6,6	7,50	64	8		39	2.025			25,5	
258	3-24-11	8,70	8°	6,8	9,75	87	10	1,3	65 38 17	3.790	7,6	2,8	8,9	83,5
259	4-28-11	2,75	22°-15°	7,0	7,80	80	14	4,9	25 6 19	2.020	11,4	4,2	16,3	135,4
260	5-26-11	2,40	16°	7,3	7,10	74	20	1,1	29 20 9	2.105	12,4	6,7	21,3	144,0
261	6-15-15	1,25	30°-20°	7,0	6,15	73	35	3,8	42 19 23	1.460	17,0	5,5	22,0	282,4
262	7-21-10	0,59	30°-23°	7,3	6,50	75	2	0,4	19 8 11	1.010	17,0	4,7	32,6	410,4
263	8-28-12	0,59	30°-21°	7,3	7,00	78	>40		37 25 12	1.240				
264	9-15-10	0,66	24°-19°	6,5	6,50	70	7	2,4	15 4 11	820	20,6	4,7	34,1	541,6
265	10-20-10	1,02	9°-10°	6,4	5,70	51	14	2,8	37 16 21	1.075	16,0	4,7	34,8	438,0
266	11-16-10	0,40	7°-8°	6,8	7,00	59	40	2,8	40 19 21	1.074	16,2	6,0	39,1	316,8
267	12-15-16	1,02	12°-8°	6,6	6,40	54	>70	6,2	54 25 29	1.010	14,8	5,0	37,6	343,6

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	> 5.000	1.750	3.000
21,2	2,2	0,29	3,98	0,04	1,60	0,10	0	0	0	?	P ⁽¹⁾	0	0	0	0	0	1.000	400	50
50,6	3,5	1,34	3,98	0,30	0,58	0,25	0	0	0	?	P ⁽²⁾	?	0	0	0	?	10.000	600	100
55,2	4,1	1,92	3,98	0,60	0,44	0,25	0	0	0	?	P ⁽²⁾	?	+ ⁽³⁾	0	0	P ⁽⁴⁾	> 10.000	> 5.000	> 5.000
88,9	4,7	1,07	0,80	2,00	0,62	0,45	0	0	0	P	P ⁽⁵⁾	?	0	0	0	?	> 10.000	> 5.000	> 5.000
165,6	6,6	5,50	1,90	0,66	0,12	0,34	0	0	0	?	+ ⁽⁶⁾	0	0	0	0	P	> 10.000	3.000	1.200
																	7.500	600	1.100
202,4	4,0	8,15	1,00	0,38	0,48	1,00	0	0	0	P	P ⁽⁷⁾	?	0	0	0		600	600	400
165,6	6,6	6,06	0,26	0,67	0,36	0,45	0	0	0	?	P ⁽⁸⁾	0	0	0	0	+ ⁽⁹⁾	> 10.000	4.000	2.400
128,8	5,6	2,27	0,22	0,04	0,04	0,35	0	0	0	P	P ⁽¹⁰⁾	0	0	0	0		10.000	10.000	10.000
145,5	4,7	4,45	0,80	0,02	1,60	0,50	0	0	0	?	P ⁽¹¹⁾	0	0	0	0	+ ⁽¹²⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000

(1) 1,250 mg

(2) 1,500 mg

(3) 0,035 mg

(4) 0,560 mg

(5) 3,250 mg

(6) 8,500 mg

(7) 2,250 mg

(8) 5 mg

(9) 1,200 mg

(10) 2,750 mg

(11) 4,000 mg

(12) 1,200 mg

- R.G11 : GIER À GIVORS - PONT DE LA N. 86.-

N°	DATE			T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION			R	TH	TAC	CI	SO ₄
	M	J	N							T	M	O					
268	2	16	10	7°	6,6	7,75	66	10		43			1.940			24,8	
269	3	24	13	8,7	9°	6,3	8,75	78	8	2,4	43	26 17	3.200	7,2	2,0	9,6	96,0
270	4	28	12	3,0	22°-15°	7,0	8,10	83	15	4,9	25	6 19	2.020	11,4	4,5	17,4	126,7
271	5	26	10	2,7	15°	7,1	7,45	76	15	0,9	44	29 15	2.360	8,4	6,5	18,8	126,7
272	6	15	14	1,25	29°-21°	7,2	7,70	88	30	4,5	40	23 17	1.500	16,2	5,5	22,0	259,2
273	7	21	11	0,59	30°-25°	7,9	7,00	83	5	1,7	20	8 12	1.010	16,4	4,2	32,6	400,4
274	8	28	12	0,59	32°-24°	7,1	6,50	79	> 40		30	24 6	1.300				
275	9	15	10	0,67	24°-19°	6,5	7,60	80	4	2,3	49	40 9	610	18,0	2,5	27,7	530,0
276	10	20	11	1,02	8-10°	6,8	9,00	80	5	1,9	29	9 20	990	17,0	4,2	33,4	410,0
277	11	16	10	0,40	8°- 7°	7,0	8,50	71	10	4,2	34	21 13	1.240	16,4	5,5	40,1	305,2
278	12	15	14	1,02	10°- 8°	6,4	7,25	61	30	4,8	46	25 21	1.430	14,8	4,2	40,8	242,0

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	> 5.000	750	4.000
21,4	2,5	0,60	4,61	0,15	7,40	0,15	o	o	P	?	o	o	o	o	o	o	1.000	700	1.000
52,1	3,8	1,21	3,98	0,29	1,04	0,25	o	o	o	?	P ⁽¹⁾	?	o	o	o	?	> 3.000	3.000	600
52,1	4,2	2,49	4,16	0,60	0,21	0,20	o	o	o	?	P ⁽²⁾	o	o	o	o	+ ⁽³⁾	> 10.000	> 5.000	> 5.000
90,4	5,8	1,07	0,80	2,25	0,62	0,30	o	o	o	P	P ⁽⁴⁾	P	o	o	o	P	10.000	2.000	350
171,8	6,9	4,50	4,92	3,35	0,06	0,25	o	o	o	?	P ⁽⁵⁾	?	o	o	o	P	> 2.000	500	200
																	> 10.000	600	1.000
177,0	5,3	9,15	0,01	0,16	0,02	1,00	o	o	o	?	P ⁽⁶⁾	?	o	o	o		200	< 100	100
177,8	6,4	7,05	2,12	0,31	0,29	0,35	o	o	o	?	+ ⁽⁷⁾	o	o	o	o	+ ⁽⁸⁾	5.000	3.000	160
125,6	4,7	9,90	1,29	0,27	0,42	0,45	o	o	o	P	P ⁽⁹⁾	o	o	o	o		> 10.000	10.000	10.000
122,6	4,3	4,60	2,47	0,62	1,00	0,60	o	o	o	?	o	o	o	o	o	+ ⁽¹⁰⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000

(1) 1,300 mg

(2) 1,500 mg

(3) 0,580 mg

(4) 2 500 mg

(5) 2,100 mg

(6) 3,250 mg

(7) 7 mg

(8) 0,840 mg

(9) 2,250 mg

(10) 0,700 mg

N°	DATE			T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION			R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M	J	H							T	M	O					
- R.Ga : GARON - ROUTE DE MILLERY (n° 279 et 280) ET ROUTE DE CHARLY (n° 281).-																	
279	1	22	11	0° - 2°	8,0	11,37	85	3,0		110	92	18	4.200			11,7	
280	4	28	13	22° - 16°	7,8	9,00	92	6,0		260	226	34	4.380				
281	12	15	14	10° - 7°	7,1	9,00	74	6,0		16	7	9	3.540	7,0	6,2	17,4	20,8
- R.Ca ₃ : CANCE - AMONT D'ANNONAY.-																	
282	9	23	17	22° - 14°	7,5	8,50	82	1,4	1,1	5	2,5	2,5	17.250	1,6	2,0	2,8	6,2
283	11	17	11	8°	6,9	11,00	93	2,5	0,6	14	4	10	14.320				
- R.Ca ₂ : CANCE - AVAL D'ANNONAY.-																	
284	3	25	11	10° - 9°	6,9	9,10	80	6,0		175			12.640				
285	11	17	12	13° - 11°	9,0	7,25	66	64,0	20,0	69	15	54	2.020				
- R.Ca ₁ : CANCE - EN AVAL DU CONFLUENT DU RHÔNE.-																	
286	2	18	11	7°	7,1	8,50	72	4,5		19			9.270			3,2	
287	3	25	12	10° - 9°	7,0	9,10	81	6,0		314			10.110				
288	9	23	10	17° - 13°	7,0	8,00	76	2,0	2,2	2,5	1	1,5	2.975	7,2	5,2	49,9	36,4
289	11	17	14	11°	8,0	11,5	105	5,5	3,0	12	4	8	1.600	5,2	3,5	29,8	24,2

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	> 5.000	3.000	750
																	> 5.000	> 5.000	2.000
16,5	2,3	0,59	4,16	0,11	0,04	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	+(1)	> 5.000	> 5.000	175
(1) 0,700 mg																			
6,1	0,8	0,03	0,62	0,02	0,02												600	140	100
																	1.000	80	60
																	> 5.000	> 5.000	> 5.000
																	10.000	1.000	800
																	> 10.000	3.250	3.250
																	> 5.000	> 5.000	> 5.000
39,8	4,3	0,06	6,98	0,18	0,20												> 10.000	2.000	200
26,3	2,6	0,17	10,63	0,05	0,08	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	+(1)	2.500	460	300

(1) 0,500 mg

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
- R.Dx3 : DOUX à LAMASTRE.-														
290	4-16-10		18°-10°	6,8	9,10	84	1,5		8 3 5	27.800				
291	9-23-15		25°-18°	7,2	8,00	84	2,6	1,2	21 17 4	20.660	1,7	2,0	2,5	5,1
292	11-17-10		13°-8°	7,0	9,75	85	4,0	0,2	6 2 4	12.700				
- R.Dx2 : DOUX EN AVAL DE LAMASTRE.-														
293	11-17-10		12°-8°	7,0	13,00	110	4,5	0,2	22 15 17	19.370				
- R.Dx1 : DOUX - AMONT DU CONFLUENT AVEC LE RHÔNE.-														
294	2-18-12		6°	7,3	10,50	87	1,7		10	19.370			2,8	
295	4-16-8		16°-12°	7,2	9,50	91	1,5		10 3 7	21.600				
296	9-23-12		18°-15°	7,2	8,00	79	1,4	1,2	2,5 1 1,5	15.160	2,2	2,5	2,5	5,6
297	11-17-8		13°-8°	7,2	11,5	97	3,5		2 0 2	12.640	1,8	2,0	3,5	6,2
- R.Ey2 : EYRIEUX AU CHEYLARD.-														
298	4-16-11		14°-11°	7,3	9,35	86	2,0		9 4 5	19.370				
- R.Ey1 : EYRIEUX - PONT DE BEAUCHASTEL.-														
299	2-18-14		9°	7,4	10,10	93	1,5			17.690			1,4	
300	11-16-19		16°-14°	7,5	9,10	91	2,5		18 6 12	18.630				
301	9-9-11		20°-19°	8,0	9,50	100	2,0	0,2	25 10 15	8.100	31,0	4,0	4,6	2,5
302	11-20-10		9°	7,0	10,25	85	1,5	0,8	5 2 3	12.400				

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	500	100	60
5,2	0,6	0,06	0,42	0,03													> 10.000	600	1.200
																	15.000	10.000	10.000
																	1.000	360	120
																	> 5.000	800	65
																	800	240	70
5,6	0,7	0,06	0,26	0,04	0,08												200	10	20
5,8	0,7	0,03	0,35	0,02	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	40	< 10	< 10
																	200	140	0
																	> 5.000	750	155
																	200	40	70
8,3	1,1	0,20	0,66	0,05	0	0											> 10.000	500	
																	1.200	300	< 200

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J A		AIR-EAU						T M O					

- R.Ou. : OUVEZE - EN AVAL DES FONTS-DU-POUZIN.

303	2-18-14		10°	8,3	9,75	89	1,5		24	3.700			2,1	
304	4-16-19		16°-13°	8,5	9,00	88	2,5		5 3 2	3.800				
305	9- 9-12		24°-20°	8,0	10,50	114	1,5	1,0	15 12 3	2.670	20,6	17,2	9,6	21,3
306	11-20-11		9°-10°	8,1	12,00	90	2,5	0,4	4 1 3	2.480	21,40	18,2	8,5	41,7

- R.Es. : ESCOUTAY A SAINT-ALBAN.-

307	2-18-16		10°	8,2	9,50	81	1,5		12	2.440			1,4	
308	4-16-15		22°-15°	7,9	9,10	93	1,5		6 3 3	2.610				
309	9- 9-15		23°-22°	7,9	9,00	100	2,0	0,1	30 21 9	2.590	24,0	18,7	7,4	46,1
310	11-20-15		13°-12°	7,6	9,00	83	1,0	0,2	6 2 4	2.560				

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu Pb Se F Zn As Cr Cy Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
									> 5.000	1.250	110
									200	100	200
9,2	1,7	0,13	1,24	0,02		0		0	> 2.000	400	250
8,6	1,9	0	3,47	0,05	0	0	0 0 0 ? 0 0 0 0 0	0	1.200	50	45
									> 5.000	15	240
									40	0	10
6,1	0,6	0	1,24	0,02	0	0		0	200	30	60
									60	< 10	< 10

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	J M H		AIR-EAU						T M O					
- R.Ar ₂ : ARDECHE - AMONT D'AUBENAS.-														
311	2-18-16		9°	7,5	10,05	91	1,5		10		16.850		0,7	
312	4-16-13		18°-13°	7,4	9,30	91	1,5		10 0 10		24.420			
313	9- 9-13		24°-18°	7,6	8,75	92	2,5	0,1	36 29 7		12.150	2,1	2,7	1,8 1,4
314	11-20-12		11°- 9°	6,9	10,25	88	2,0	0,4	6 4 2		18.600	1,7	2,0	1,8 3,5
- R.Ar ₁ : ARDECHE - AMONT DE PONT-SAINT-ESPRIT - PONT N. 86.-														
315	2-17-17		9°	7,8	9,75	86	2,0		13		6.490		0,7	
316	4-16-17		22°-14°	7,8	9,30	95	1,5		12 8 9		6.060			
317	9- 9-17		25°-21°	8,0	8,50	95	2,0	0,1	34 20 14		4.050	13,8	15,2	2,8 4,6
318	11-20-16		11°-11°	7,9	11,50	104	2,0	0,6	11 5 6		4.460	11,5	10,7	3,5 12,6

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
- R.Ge ₃ : GERE EN AMONT DE PONT-EVÊQUE.-														
319	1-21-10		3°-5°	7,8	10,70	86	2		14	2.020			53,2	
320	3-24-10		9°	8,3	10,00	90	2		18	2.440				
321	7-19-10		30°-14°	7,3	8,50	82	1		8 5 3	2.100				
322	11-17-18	2,07	12°-12°	7,3	8,40	78	1	0,2	16 4 12	2.100	25,6	25,2	7,8	9,9
- R.Ge ₂ : GERE À PONT-EVÊQUE.-														
323	3-24-10		12°	7,8	8,15	78	4		31	1.850				
324	7-19-9	2,60	30°-14°	7,7	8,50	82	2		15 8 7	2.560				
325	11-17-18	2,10	12°-13°	7,8	9,50	90	6	1,0	21 5 6	2.270				
- R.Ge ₁ : GERE AU PONT DE VIENNE.-														
326	3-24-9		10°	8,2	9,00	83	9		11	2.610				
327	7-19-10	3,00	30°-15°	7,9	8,00	81	4		13 4 9	2.200				
328	11 17 18	2,90	12°-13°	7,6	9,30	88	9	1,2	21 5 16	2.200	25,2	24,5	13,1	12,9

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	300	60	15
																	1.500	200	90
																	300	140	50
5,5	1,0	0	10,63	0	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	0	0	20
																	4.000	4.000	2.500
																	>10.000	1.200	600
																?	2.000	1.200	600
																	>5.000	>5.000	>5.000
																	>10.000	6.000	3.000
15,3	1,1	0	11,86	0,43	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	P	>10.000	5.000	4.000

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						T M O					
- R.Do. : DOLON - SUD DE CHANAS (PONT N. 7 n° 330 et 331 - EN AMONT n° 329 et 332).-														
329	1-22-12		4° - 7°	7,8	11,20	91	2,00		8	2.020			6,7	
330	5-28-15		20° -17°	8,0	9,00	97	2,50		25 5 20	2.630				
331	9-23-18		19° -14°	7,9	9,00	86	1,45	0,10	20 1 19	2.400	23,4	22,2	6,4	8,1
332	11-17-16		15° -13°	7,8	9,50	89	2,50	0,60	16 4 12	2.360				
- R.Co. : COLLIERE A SAINT-RAMBERT.-														
333	2-18-10		8°	8,1	9,50	85	2,00		232	3.116			1,42	
334	5-28-15		24° -17°	8,0	8,60	94	2,70			2.700				
335	9-23-18		19° -15°	7,8	9,00	87	1,50	0,60	21 7 14	2.890	21,4	20,2	6,7	7,6
336	11-17-16		15° -13°	8,2	11,50	108	3,00	0,80	21 9 12	2.450				

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	18	0	0
																	4.000	1.200	50
5,1	0,8	0	9,10	0,05	0												1.000	240	120
																	140	< 10	< 10
																	> 5.000	350	100
4,0	0,6	0	8,61	0,04	0												4.000	500	2.500
																	600	50	35

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						T M O					
- R.G12 : GALAURE - SUD DE LA MOTTE.-														
337	1-22-		3° - 5°	8,2	12,40	100	3,5		7	2.480				
338	5-28-15		18° -21°	8,3	8,10	93	2,0		30 6 24	3.050				
339	9-23-11		18° -13°	7,9	9,50	90	2,3	0,3	4 2,5 1,5	2.530	23,2	22,7	5,3	7,9
340	11-17-15		15° -12°	8,1	11,40	106	3,0	0,2	6 2 4	2.610				
- R.G11 : GALAURE - EN AMONT DE SAINT-VALLIER.-														
341	1-22-13		3° - 5°	8,2	11,60	96	6,0		40	2.250				
342	5-28-14		24° -19°	8,2	7,80	86	15,0		82 32 50	2.700				
343	9-23-11		18° -15°	7,5	7,00	69	5,6	1,6	10 9 1	2.360	23,8	24,0	4,9	6,2
344	11-17-15		11° -11°	7,5	11,25	102	5,5	4,0	48 22 26	2.530	23,6	22,5	5,3	10,1

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	400	300	30
																	> 5.000	400	40
6,8	0,8	0,13	4,75	0,05	0,04	0											> 5.000	2.000	4.000
																	300	< 10	< 10
																	> 5.000	1.000	300
																	> 5.000	4.000	200
7,2	0,8	0,13	3,01	0,12	0,12	0,25											> 10.000	1.000	600
7,5	0,9	0	5,71	0,19	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	6.000	1.700	350

N°	DATE			T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION			R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M	J	H							T	M	O					

- R.Ve. : VEORE - PONT DE LA N. 7.-

345	1-22-17			4°-5°	8,0	11,50	94	2,0		17						5,7	
346	12-14-9			10°-8°	7,9	9,00	77	3,0	1,2	27	16	11	2.100	26,0	24,0	9,6	19,0

- R.Oz. : OZON - PONT DE LA N. 7.-

347	1-22-17			5°-4°	7,9	11,50	88	3,2		54			1.710			12,1	
348	12-14-9			10°-8°	7,8	9,75	82	2,0	0,6	12	3	9	2.100	28,4	25,2	13,8	32,3

- R.Dr. : DROME AU PONT DE LA N. 7.-

349	1-22-17	80		4°-5°	8,0	12,40	98	3,1		133			2.630			4,9	
350	4-16-19			16°-12°	7,9	8,10	71	3,0	0,3	190	124	66	3.030	17,8	16,2	3,2	16,1
351	6-25-11			22°-13°	7,7	8,50	93	2,0	0,3	334	308	26	3.115	18,3	15,7	6,0	19,8
352	11-20-17			10°-10°	7,7	9,60	88	2,0	2,2	476	354	122	2.890	17,4	15,5	6,7	25,9

- R.Ro. : ROUBION A MONTÉLIMAR - PONT DE LA N. 7.-

353	2-17-17			10°	8,1	9,05	83	2,0		60			2.020			3,9	
354	4-16-18			18°-16°	8,1	9,05	94	2,0		25	20	5	2.190				
355	9-9-19			22°-22°	7,4	7,50	85	2,0	0,1	52	23	29	2.140	25,2	20,0	6,0	38,4
356	11-20-16			11°-11°	7,4	10,75	98	3,0	1,0	31	22	9	2.070				

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	> 5.000	3.225	750
6,6	0,6	0,35	11,16	0,13	0,08	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	8.000	1.200	300
																	600	100	40
7,5	0,6	0	8,61	0,02	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	320	10	10
																	> 5.000	125	175
4,0	0,9	0	1,50	0,02	0,04	0	0	0	0	?	?	0	0	0	0		200	80	50
5,3	0,6	0	5,22	0,02	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0				
6,3	0,9	0	2,66	0,05	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	300	80	10
																	> 5.000	1.250	15
																	> 5.000	2.000	160
8,3	1,8	0,49	7,55	0,07	0	0										0	> 10.000	> 5.000	
																	7.000	1.000	800

N°	DATE			T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION			R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M	J	H							T	M	O					

- I.Do. : DORON A MOUTIERS.-

357	2-28-15	8,1	12° - 6°	8,0	10,00	83	3,0		17		990						
358	4-14-12	11,6	12° - 6°	8,0	10,25	85	4,0	1,2	137	109	28	1.320	46,6	10,7	5,3	339,8	
359	8-27-12	12,0	11°	7,9	10,20	93	2,0	1,6	16	13	3	1.600	33,0	8,5	22,7	265,0	
360	10-29-9	9,2	4° - 5°	8,0	11,50	90	2,5	3,7	12	6	6	1.400	45,0	9,0	28,4	322,6	

- I.A12 : ARLY - AMONT D'UGINE.-

361	2-28-16	1,4	8° - 6°	8,2	9,15	81	2,0		27		1.770						
362	4-13-18	1,4	10° - 8°	8,2	9,80	86	2,5	0,1	56	42	14	2.150	26,4	11,7	0,4	138,3	
363	8-27-8	1,2	14°	8,0	9,70	93	2,0		9	5	4	1.520					
364	10-29-10	1,7	3° - 6°	8,2	11,00	95	3,0	1,9	17	14	3	2.300	25,4	13,5	2,5	109,5	

- I.A11 : ARLY - AVAL D'UGINE.-

365	2-28-16	2,8	8°	8,2	9,25	82	5,0		50		1.940						
366	4-15-18	9,8	10° - 8°	8,0	9,40	82	4,0	0,9	34	19	15	3.190	16,8	13,0	0,7	36,4	
367	8-27-9	3,7	15°	8,0	8,85	86	2,0	1,1	32	22	10	2.190	26,2	15,7	1,4	101,3	
368	10-29-10	5,9	5° - 7°	8,2	11,00	92	3,0	4,0	16	11	5	2.650	20,0	15,2	1,8	48,4	

- I.Ch. : CHAIZE - AMONT D'UGINE.-

369	10-29-10	1,5	5° - 8°	8,0	10,00	84	2,0	5,7	24	12	12	2.800	20,6	19,2	0,4	17,3	
-----	----------	-----	---------	-----	-------	----	-----	-----	----	----	----	-------	------	------	-----	------	--

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	20.000	750	1.700
5,5	1,2	0	0,35	0,07	0	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0		>10.000	4.000	700
15,3	0,6	0	0,49	0,05	0,08	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		>5.000	3.000	500
17,5	0,9	0	0,75	0,01	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	1.200	600	700
																	13.000	60	90
2,4	1,0	0	0,71	0,05	0	0	0	0	0	?	?	0	0	0	0		800	0	0
																	50	15	15
3,2	0,7	0	1,00	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	700	200	75
																	>10.000	>5.000	20.000
2,8	0,7	0	2,34	0,09	0,40	0	0	0	0	?	?	0	0	0	0		>10.000	5.000	80
4,9	0,6	0,01	1,90	0,17	0	0	0	0	0	?	0	+	(1)	0	0		>10.000	>5.000	
3,4	0,7	0,49	1,90	0,08	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	>10.000	>10.000	6.000
(1) 0,045 mg																			
3,2	0,7	0	1,68	0,03	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	2.000	1.200	1.300

N°	DATE			T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION			R	TH	TAC	Cl	SO ₄	
	M	J	H							T	M	O						
- I.Ac2 : ARC - EN AVAL DE SAINT-JEAN-DE-AURIENNE.-																		
370	2	28	12	21,0	7° - 6°	7,2	9,75	81	2,5	50			1.100					
371	4	28	18	36,6	13° - 11°	8,0	8,00	75	2,0	0,1	150	121	29	1.700	35,0	11,0	12,1	230,0
372	6	22	15	60,0	22° - 15°	7,8	2,00	23	8,0	0,1	120	89	31	2.440	23,6	8,9	7,8	144,0
373	9	16	11	27,0	10°	7,8	9,10	80	4,0	0,1	175	150	25	1.860	30,0	9,0	19,5	180,0
374	10	29	12		3° - 6°	8,0	10,50	85	2,5	5,7	44	29	15	1.400	43,0	10,5	13,1	299,6
- I.Ac1 : ARC - EN AMONT DU CONFLUENT DE L'ISÈRE.-																		
375	3	28	13	51,0	8° - 6°	7,8	10,00	83	3,0	45			1.490					
376	4	28	17	82,0	14° - 11°	8,2	8,15	77	3,0	3,6	62	42	20	1.630	36,3	10,7	14,2	230,0
377	6	22	12	102,0	24° - 14°	7,8	1,10	11	15,0	0,1	51	32	19	2.440	23,4	8,0	9,6	161,3
378	9	16	12	56,0	10°	8,2	9,10	80	4,0	0,5	92	64	28	2.020	26,6	8,0	11,3	152,6
379	10	29	11		7°	8,1	10,75	88	2,0	4,9	27	17	10	1.730	30,0	15,7	13,5	185,3

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	> 10.000	6.000	2.500
9,0	0,6	0	1,29	0,04	0	0	0	0	0	P ⁽¹⁾	0	0	0	0	0		> 5.000	3.600	2.000
6,7	0,8	0	0,85	0,04	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	> 10.000	> 10.000	1.750
9,0	0,9	0,45	0,38	0,05	0	0	0	0	0	P ⁽²⁾	0	0	0	0	0	0	> 10.000	> 5.000	3.600
9,6	0,9	0	0,80	0,02	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	> 10.000	6.000	6.000
(1) 0,800		(2) 0,700																	
																	> 10.000	1.000	600
9,3	0,6	0	0,93	0,04	0	0	0	0	0	P ⁽¹⁾ P ⁽²⁾ ?	0	0	0	0	0	0	> 5.000	2.400	550
7,6	0,7	0	0,85	0,03	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	> 10.000	> 10.000	1.500
8,0	0,7	0,35	0,49	0,04	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	> 10.000	3.000	3.600
8,3	0,7	0	1,07	0,01	0	0	0	P	0	?	0	0	0	0	0	0	2.400	800	600

(1) 0,800 (2) 1,00

N°	DATE			T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION			R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M	J	H							T	M	O					
- I.Ro ₃ : ROMANCHE EN AMONT DE VIZILLE.-																	
380	10	29	17	9° - 8°	8,6	10,5	91	1,5	1,1	7	3	4	5.780	9,0	6,7	0,3	24,2
- I.Ro ₂ : ROMANCHE EN AVAL DE VIZILLE.-																	
381	10	29	17	11° - 8°	8,5	11,0	92	2,0	5,3	16	6	10	4.050	10,8	7,2	0,3	46,1
- I.Ro ₁ : ROMANCHE - AMONT DU CONFLUENT DU DRAC.-																	
382	10	29	16	11° - 8°	8,3	9,5	80	1,5	6,1	42	24	18	3.720	12,4	6,5	14,5	48,3
- I.Dr ₃ : DRAC À SAINT-GEORGES.-																	
383	10	29	16	11° - 11°	8,1	9,5	86	1,0	6,5	14	7	7	3.640	14,0	10,2	1,8	43,8
- I.Dr ₂ : DRAC EN AMONT DE PONT-DE-CLAIX.-																	
384	10	29	15	9° - 11°	8,1	9,0	82	1,0	6,9	65	60	5	3.800	14,0	10,0	5,7	43,8
- I.Dr ₁ : DRAC EN AMONT DE GRENOBLE.-																	
385	10	29	14	10° - 10°	7,1	9,5	85	3,0	6,9	29	29		3.030	14,8	8,7	21,6	53,0
- I.He. : HERBASSE AU PONT DE L'HERBASSE.-																	
386	1	22	19	2° - 4°	8,3	12,30	97	3,3		11			2.340			4,2	
387	3	26	19	9°	7,8	9,00	82	3,0		939	785	154	4.210				
388	6	24	9,4	16° - 16°	8,0	9,5	94	3,0	0,1	25	9	16	2.690	22,4	21,7	4,3	4,9
389	12	14	18	10° - 9°	8,0	8,5	73	1,0	0,8	25	12	13	2.530				

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
1,9	0,6	0	0,70	0	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	1.000	900	1.300
1,8	0,4	0	0,75	0,04	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	1.200	800	900
4,2	0,9	0	0,93	0,03	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	< 10	< 10	< 10
5,3	0,9	0	0,75	0	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	10	5	0
6,1	1,1	0	1,13	0	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	1.000	170	200
10,9	0,8	0	3,54	0	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	140	10	170
																	> 5.000	4.000	1.000
																	> 5.000	5.000	4.000
4,7	0,5	0	5,71	0,14	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0			
																	10.000	4.000	600

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
- 17 : ISERE À MOUTIERS.-														
390	3-11-15	25,0	9° - 5°	8,1	10,00	80	3,0	0,3	24 14 10	1.860	31,6	9,0	0,4	242,4
391	4-18-11	25,0	11° - 9°	8,0	9,90	88	3,5	0,2	45 22 23	1.820	31,2	10,5	7,5	192,0
392	8-27-12	8,1	12°	8,1	9,50	90	2,0	1,3	12 11 1	1.850	20,8	10,2	10,3	169,9
393	10-29-9	23,0	4° - 8°	7,9	11,00	92	3,0	4,9	79 69 10	2.150	24,2	8,8	5,0	149,8
- 16 : ISERE - PONT DE CRÉZY.-														
394	2-28-16		9° - 6°	8,1	9,50	80	2,0	0,2	32 22 10	3.080	17,0	8,5	5,7	90,2
395	4-14-14		14° - 11°	7,7	8,20	77	5,0	0,3	39 22 17	3.220	16,8	10,2	1,4	66,8
396	8-27-16	22,0	20°	8,3	11,25	122	1,0	1,6	11 5 6	1.940	25,0	12,5	5,0	126,7
397	10-29-11		6° - 7°	8,0	10,50	88	2,0	3,4	39 29 10	2.730	18,0	10,0	1,4	78,7
- 15 : ISERE - PONT DE LA TRONCHE - GRENOBLE.-														
398	2-28-17	94,0	7°	7,8	9,50	82	6,0	6,6	61 52 9	1.820	31,0	11,0	12,1	181,4
399	4-16-8	134,0	13° - 9°	7,9	9,25	84	5,0	6,3	107 81 26	2.020	27,6	12,0	7,5	144,0
400	6-22-12	139,0	22° - 17°	7,7	5,50	59	25,0	2,9	71 45 26	2.530	23,2	9,0	9,2	141,2
401	7-14-17	114,0	35° - 27°	7,8	7,50	95	2,0	0,3	74 62 12	2.190	26,0	10,2	12,8	164,2
402	10-29-19	120,0	8° - 7°	8,0	9,50	80	3,0	7,3	62 35 27	2.150	25,2	9,7	12,1	155,5

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
4,0	0,4	0	0,69	0,05	0	0	0	?	0	?	?	?	0	0	0		9.000	90	70
6,9	1,0	0,20	1,07	0,04	0	0	0	0	0	?	?	P	0	0	0		> 10.000	4.000	100
5,8	0,5	0	0,67	0	0,10	0	0	P	0	?	0	0	0	0	0	P ⁽¹⁾	> 5.000	4.000	3.000
3,2	0,5	0	0,80	0,01	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	3.000	700	450
(1) 0,500 mg																			
2,6	0,8	0	1,29	0,01	0	0	0	0	0	?	?	0	0	0	0		> 10.000	1.750	700
3,4	1,0	0	1,35	0,06	0	0	0	0	0	?	P	0	0	0	0		> 10.000	4.000	40
7,0	0,9	0,25	1,68	0,04	0,08	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		500	250	10
3,4	0,6	0	1,3	0,01	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0		> 10.000	2.000	4.500
10,6	0,9	0,16	0,62	0,04	0,04	0	0	0	0	P	?	P	0	0	0		> 10.000	10.000	5.500
8,7	1,0	0,06	0,85	0,08	0,08	0	0	0	0	?	?	?	0	0	0		> 10.000	2.400	100
7,8	0,7	0,03	1,29	0,04	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	> 10.000	2.500	5.000
9,3	1,0	0,03	0,93	0,14	0	0	0	0	0	P	P ⁽¹⁾	?	0	0	0	?	> 10.000	> 5.000	> 5.000
9,3	0,7	0	0,80	0,04	0,02	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	6.000	1.600	1.800

(1) 2,000 mg

N°	DATE			T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION			R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M	J	H							T	M	O					

- 14 : ISERE AU PONT DE VEUREY.-

403	1-22-19	160	2° - 4°	8,2	11,10	87	7,0		29		1.870	25,2	11,2	15,6	132,5	
404	2-17	133	8°	8,0	9,10	80	6,0	5,1	31		1.940	25,8	11,2	15,6	146,9	
405	2-28-20	150	7°	7,8	9,75	83	6,0	3,2	48	40	8	2.020	25,2	11,5	14,9	133,4
406	3-26-23	470	9° - 7°	7,9	9,00	77	4,0	4,4	594	464	130	2.270	22,2	13,7	6,7	88,3
407	4-16- 9	274	15° -10°	8,0	9,75	87	4,0	0,3	70	55	15	2.270	23,8	12,7	10,7	104,2
408	6- 2-12	317	22° -15°	7,3	4,50	46	20,0	1,4	266	219	47	2.660	18,1	9,0	8,5	85,9
409	6-22-14	227	23° -17°	8,0	4,50	48	25,0	0,5	104	65	39	2.660	19,1	9,0	13,2	101,0
410	7-14-18	176	35° -27°	8,0	7,50	95	1,5	0,6	83	68	15	2.270	22,6	9,5	13,9	120,9
411	8-27-17	145	18°	7,8	8,30	87	2,0	4,5	45	35	10	2.110	23,0	9,0	16,7	146,9
412	10-29-19	173	9° - 8°	8,1	10,00	84	5,0	9,3	55	40	15	2.320	21,6	10,5	14,9	115,2
413	11- 6-12	215	8° - 9°	7,6	9,40	81	4,0	3,0	60	50	10	2.060	21,2	9,7	31,2	109,5
414	12-14-17	130	13° - 6°	7,7	9,25	73	6,0	3,8	54	40	14	1.940	26,8	11,5	20,2	158,4

- 13 : ISERE AU PONT DE ROMANS.-

415	3-25-20		8°	7,8	8,80	78	3,0	2,8	50	32	18	2.440	22,2	14,7	6,6	76,3
416	12-14-18	160	14° - 5°	7,6	9,00	76	2,5	1,8	20	10	10	2.100				

- 12 : ISERE AU PONT DE CHÂTEAUNEUF.-

417	1-22-18		2° - 4°	8,0	12,40	97	4,4	2,2	10		1.950	24,0	11,2	13,5	115,2
-----	---------	--	---------	-----	-------	----	-----	-----	----	--	-------	------	------	------	-------

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
11,6		0,32	2,21	0,08	0,12	0,25	?	o	o	P	?	o	o	o	o		> 5.000	> 5.000	> 3.000
11,9	1,0	0,53	1,42	0,08	0,04	0,05	?	?		?	o	?	+(1)	o	o		> 5.000	> 10.000	400
10,0	0,9	0,16	0,93	0,19	o	o	o	o	o	?	P ⁽²⁾	?	o	o	o		> 5.000	> 5.000	> 5.000
7,4	0,8	0,05	1,31	0,04	o	o	o	o	?	?	P ⁽³⁾	?	o	o	o		> 5.000	5.000	3.000
8,8	0,9	0,06	0,93	0,06	0,12	o	o	o	o	?	?	?	?	o	o		> 5.000	2.600	550
7,7	0,7	o	1,07	0,06	o	o	o	o	o	P	o	?	?	o	o		> 10.000	> 10.000	> 5.000
9,2	0,6	o	0,62	0,04	o	o	o	o	o	P	o	?	?	o	o		> 10.000	> 10.000	> 10.000
9,3	0,6	o	0,62	0,04	o	o	o	o	o	?	o	P	o	o	o		5.000	5.000	5.000
12,1	0,7	0,20	0,69	0,08	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o	P ⁽⁴⁾	> 10.000	> 10.000	> 10.000
11,0	1,2	o	1,35	0,04	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o	P	> 10.000	> 10.000	8.000
22,7	0,8	0,25	0,58	0,04	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o		> 10.000	> 10.000	> 10.000
16,6	0,8	0,20	1,19	0,09	0,28	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o	P	> 10.000	6.500	4.000
(1) 0,010 mg							(2) 0,625 mg					(3) 0,750 mg					(4) 0,450 mg		
6,9	0,7	o	1,90	0,03	o	o	o	o	o	P	P ⁽¹⁾	o	o	o	o		> 5.000	5.000	3.000
																	> 10.000	5.000	1.500
(1) 0,800 mg																			
10,1		0,38	2,34	0,06	0,12	0,10	?	o	o	P	?	o	o	o	o		2.000	750	300

- I₁ : ISERE À PONT-DE-L'ISÈRE.-

N°	DATE			T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION			R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M	J	H							T	M	O					
418	2	18		7°	7,9	8,40	77	2,0	1,2	12			2.020	26,8	17,2	9,2	144,0
419	3	26	18	8°	7,9	9,70	85	4,0	3,5	114	90	24	2.610	22,2	15,0	6,0	76,3
420	4	16	21	13°-10°	7,9	9,50	85	3,0	0,5	25	13	12	2.610	22,0	14,0	6,0	80,8
421	5	28	11	24°-15°	7,9	7,95	81	2,5	1,0	27	8	19	2.800	19,4	11,2	7,1	87,6
422	6	24	11	19°-15°	7,7	8,00	83	2,0	2,1	19	5	14	2.920	17,8	9,7	8,2	76,8
423	7	17	17	35°-20°	7,6	6,50	71	1,5	0,4	9	6	3	2.530	22,2	10,2	1,3	109,5
424	9	10	18	16°	7,7	8,30	83	2,0	2,0	37	24	13	2.630	19,4	9,5	2,8	106,0
425	10	20	12	9°- 9°	7,3	9,25	82	2,0	0,6	21	10	11	2.620	20,8	11,2	9,2	98,9
426	11	20	9	9°- 8°	7,5	8,50	73	2,5	0,8	7	5	2	2.100	23,4	12,0	13,1	115,2
427	12	14	19	12°- 6°	7,6	9,00	71	2,5	2,5	17	10	7	2.100	25,4	13,0	17,4	126,7

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
11,8	0,9	0	0,76	0,05	0,06	0,02	?	?	0	P	?	0	0	0	0		> 5.000	1.000	25
6,1	0,7	0	1,77	0,07	0	0	0	0	?	?	P ⁽¹⁾ ?	0	0	0	0		> 5.000	> 5.000	> 5.000
6,9	1,2	0,05	0,80	0,06	0,12	0	0	0	0	?	?	?	0	0	0		> 10.000	3.000	750
7,2	0,8	0	1,77	0,06	0,08	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	> 5.000	3.000	70
6,4	0,4	0	0,71	0,05	0,02	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		> 5.000	180	60
8,9	0,6	0	1,51	0,26	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	?	> 5.000	160	80
8,0	0,5	0,06	1,12	0,30	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	?	> 10.000	2.400	360
8,3	0,7	0	1,95	0,17	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	?	> 10.000	3.000	300
11,0	0,9	0,20	0,93	0	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	3.600	60	200
14,1	0,7	0,20	1,42	0,06	0,12	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	?	> 10.000	2.400	1.000

(1) 0,600 mg

N°	DATE			DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION			R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M	J	H								T	M	O					
- R ₁₁ : RHONE - PONT DE CHANCY (exception n° 428 : PONT DE COLLONGES).-																		
428	2	17	8	185	5°	7,9	9,75	80	3,8	0,2	13		3.450				3,2	
429	4	20	13	275	14°-11°	8,0	9,80	92	4,5	0,1	28 22 6	3.500	14,6	11,0	1,4	41,6		
430	8	31	11	275	17°-16°	7,8	8,20	82	2,0	1,5	37 12 25	4.600	11,7	8,8	0,7	36,8		
431	11	11	19	170	5° - 7°	7,6	9,50	79	2,5	1,0	6 3 3	3.650	14,6	10,5	3,2	53,0		
- R ₁₀ : RHONE - PONT DE LA BALME (PRÈS BELLEY).-																		
432	2	17	10	180	6°	8,0	10,15	83	1,6	0,2	14							
433	4	20	14	350	15°-12°	7,9	8,90	85	4,0	0,1	54 43 11	3.300	16,0	13,5	1,4	27,6		
434	8	31	18	395	18°-19°	7,9	7,25	77	2,0		6 1 5	3.790	12,0	8,5	1,0	37,4		
435	11	12	14	245	10° - 8°	7,9	10,50	88	2,5	0,8	4 0 4	5.480	14,5	11,0	3,9	31,5		

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	> 5.000	85	300
3,4	1,6	0,57	1,13	0,04	0,10	0	0	0	0	?	?	0	0	0	0		> 10.000	> 5.000	2.000
2,3	0,7	0,06	0,62	0,04	0,02	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	> 10.000	5.000	2.500
4,0	1,1	0,20	0,71	0,04	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	> 10.000	6.000	4.000
																	> 5.000	5.000	300
3,4	1,6	0,03	1,19	0,11	0,10	0	0	0	0	?	?	0	0	0	0		3.000	40	0
2,5	2,0	0,06	0,75	0,09	0,02	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	0	5.000	600	190
4,0	1,1	0	0,80	0,10	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	4.000	210	< 100

- R₉ : RHONE AU PONT DE LOYETTES.-

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
436	1-23-11	180	0° - 2°	8,0	12,00	90	7,8		10	2.955	16,0	11,7	2,8	41,7
437	2-17-11	160	6°	8,0	11,00	91	4,0	0,2	13	3.450	16,6	11,7	4,6	41,6
438	4-16-11	335	15° - 12°	8,0	9,70	93	4,0	0,2	25 13 12	3.200	17,6	15,2	1,8	27,6
439	5-28-12	355	11° - 11°	7,9	8,10	76	3,0	0,1	31 15 16	3.370	14,6	11,7	1,8	37,0
440	6-26-10		20° - 19°	8,1	7,00	78	2,0	0,1	39 26 13	4.045	14,2	10,0	1,8	47,2
441	7-24-12	425	30° - 23°	7,5	7,75	89	1,7	0,2	50 37 13	3.790	12,4	8,7	2,5	32,4
442	9- 3-15	325	22° - 18°	7,9	8,85	93	2,0	0,1	35 5 30	3.800	13,0	9,0	2,8	35,1
443	10-16-11	470	9° - 11°	7,8	9,20	83	2,0	0,4	31 8 23	3.450	14,4	12,0	2,8	27,6
444	11-12-16	210	10° - 8°	7,8	10,50	88	2,0	0,8	10 5 5	3.480	15,0	11,0	2,8	39,6
445	12-14-16	210	10° - 6°	7,8	10,25	85	2,0	1,2	25 19 6	3.200	16,6	13,5	2,1	34,5

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
3,4		0,29	3,01	0,08	0,08	0	?	0	0	?	0	0	0	0	0		>5.000	200	25
3,7		0	2,34	0,08	0	0,02	?	0	0	+(1)?	?	0	0	0	0		600	55	15
3,5	1,2	0	1,12	0,07	0,08	0	0	0	0	?	?	0	0	0	0		2.400	60	10
2,9	1,0	0	1,90	0,19	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	1.200	180	70
3,2	1,0	0	1,51	0,09	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		>5.000		
2,7	0,9	0,13	1,29	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	>5.000	160	150
2,7	0,6	0,20	0,93	0,05	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	<1.000	<100	<100
3,0	1,0	0	1,90	0	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	4.500	900	<100
3,8	1,0	0	1,07	0,11	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0		1.600	190	10
4,0	1,4	0	2,05	0,07	0,02	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0		1.000	160	<10

(1) 1,300 mg

N°	DATE			DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION			R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M	J	H								T	M	O					
- R8 : RHONE à LYON - PONT POINCARÉ.-																		
446	2	17	16	230	6°	8,2	11,20	92	3,5		11			3.370			3,2	
447	4	18	9	470	12°	7,7	11,00	94	5,0	0,2	37	27	10	3.100	18,0	15,0	1,8 24,9	
448	9	17	8	325	20°	7,8	8,00	87	3,0	3,0	41	25	16	4.050	12,8	9,0	1,8 41,7	
449	11	18	14	415	17° - 9°	7,9	11,25	98	4,0	0,2	21	9	12	3.120	17,2	14,2	2,1 32,2	
- R7 : RHONE à LYON - PONT PASTEUR.-																		
450	2	16	9	250	5°	7,9	9,25	74	3,0	0,3	8			3.240	17,6	13,2	5,3 48,3	
451	4	17	16	470	12°	8,0	10,00	96	4,0	4,0	27	14	13	3.120	18,0	15,2	3,5 21,9	
452	9	13	15	340	24°-21°	8,0	8,50	95	4,5	1,2	19	11	8	3.700	13,8	10,0	5,0 37,0	
453	11	16	13	240	12°-11°	7,8	10,25	93	6,0	1,4	8	3	5	3.140	16,6	12,7	6,4 40,3	

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	800	150	15
3,4	1,2	0,06	3,40	0,11	0,06	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0		1.200	100	300
2,7	0,6	0,09	0,62	0,06	0	0	0	0	0	P ⁽¹⁾	0	0	0	0	0	0	> 10.000	1.500	100
3,7	0,9	0	2,21	0	0,04	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		600	120	20
(1) 0,500																			
7,2		0,20	1,72	0,08	0,14	0	?	0	0	?	0	0	0	0	0		5.000	3.500	1.750
5,0	1,2	0,57	2,34	0,12	0,04	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0		> 5.000	3.000	2.000
5,1	0,7	0,16	0,16	0,04	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0		> 10.000	> 5.000	> 5.000
7,1	1,4	0,17	2,66	0,04	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0		> 10.000	> 10.000	> 10.000

- R6 : RHONE AU PONT DE VERNAISON.-

N°	DATE			DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION			R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M	J	H								T	M	O					
454	1	22	10	430	0° - 1°	7,9	12,45	92	5,0		10	6	4	2.100	22,2	17,0	53,2	35,3
455	2	16	9	430	6°	7,9	9,12	76	3,0	0,6	7			2.350	20,6	16,5	32,7	30,5
456	3	23	14	1.960	13° - 9°	7,8	9,12	83	3,0	0,4	65	52	13	2.975	18,8	16,7	8,9	16,4
457	4	17	12	790	15° - 12°	8,1	9,00	86	5,0	3,1	140	106	34	2.610	20,0	16,2	15,6	25,7
458	5	26	9	590	22° - 18°	7,9	8,10	88	3,5	0,1	17	11	6	2.440	19,4	15,5	31,3	32,2
459	6	24	7	520	18°	7,4	7,50	82	4,0	0,1	30	20	10	3.370	16,2	11,7	13,1	40,5
460	7	17	19	370	35° - 23°	7,8	6,75	78	1,25	0,8	13	10	3	2.810	17,0	11,5	30,5	40,5
461	9	15	12	340	24° - 21°	8,0	10,00	112	2,0	1,4	10	3	7	2.910	18,0	11,5	25,2	46,1
462	10	20	9	720	7° - 10°	7,9	8,60	76	4,5	2,0	37	22	15	1.985	20,4	14,7	64,6	27,6
463	11	16	9	360	10° - 8°	7,8	9,75	84	4,5	0,1	21	12	9	2.640	19,6	13,7	22,4	37,2
464	12	14	14	480	13° - 6°	7,7	10,00	79	4,0	2,8	29	15	14	2.360	20,4	15,5	42,6	30,5

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
17,5		0,53	1,77	0,01	0,18	0,12	?	o	o	?	?	o	o	o	o		>5.000	4.000	2.500
12,1		0,16	3,54	0,06	0,06	0,05	?	?	o	?	?	o	o	o	o		>5.000	1.250	250
5,3	1,4	o	4,61	o	o	o	o	o	o	?	?	o	o	o	o	?	>5.000	2.500	1.500
8,9	1,8	1,13	2,92	0,09	0,04	o	o	o	o	?	o	?	o	o	o		>3.000	2.000	2.000
12,5	1,9	o	2,79	0,15	o	o	o	o	o	P ⁽¹⁾	o	o	o	o	o	o	>10.000	2.400	800
8,4	1,3	0,03	3,15	0,09	o	o	o	o	o	P	o	?	o	o	o		>5.000	50	150
13,8	1,9	0,09	1,51	0,09	o	o	o	?	o	o	o	o	o	o	o	?	>5.000	2.000	1.600
9,9	1,0	0,16	0,66	0,07	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o	o	>10.000	>5.000	1.500
24,3	2,4	0,13	1,90	o	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	o	>10.000	3.500	1.500
10,4	1,6	o	3,01	0,19	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o		>10.000	5.000	2.500
18,4	1,8	0,41	2,79	o	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	?	1.200	4.000	3.000

(1) 0,600

N°	DATE	DEBIT	T	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M J H		AIR-EAU						EN					
- R ₅ : RHONE - PASSERELLE AVAL GIVORS - CENTRE DU FLEUVE.- (n° 465 : PRÈS DE LA RIVE GAUCHE)														
465	1-22-11	390	0° - 2°	7,9	12,05	88	4,0		17 10 7	1.945	22,6	16,5	46,1	36,3
466	2-16-10	500	10° - 5°	7,9	8,75	70	3,0	0,5	18	2.220	20,2	16,0	31,6	33,4
467	3-24-15	2.140	13° - 9°	7,8	9,25	83	5,0	0,6	60 35 25	3.305	18,4	17,7	9,2	21,9
468	4-17-11	790	19° - 13°	8,0	9,15	90	4,0	3,5	31 21 10	2.610	20,0	16,2	15,6	24,9
469	5-26-10	565	22° - 18°	7,9	9,00	87	3,5	0,1	17 11 6	2.440	19,4	15,5	28,7	34,3
470	6-24-7	490	18° - 18°	7,8	7,70	84	2,0	0,2	31 21 10	3.370	16,2	11,7	15,2	36,3
471	7-19-8	340	23°	7,8	6,00	78	1,0	0,3	15 6 9	2.500	16,2	11,0	25,2	37,2
472	9-15-11	315	20°	7,8	8,50	92	4,0	1,1	22 16 6	2.910	16,8	11,5	25,5	44,0
473	10-20-11	725	9° - 11°	7,9	9,40	88	3,0	1,5	38 27 11	1.985	20,4	14,7	65,9	25,7
474	11-16-11	360	8° - 8°	7,9	10,00	87	4,0	2,0	21 10 11	2.640	19,0	14,0	23,7	39,6
475	12-14-15	480	6°	7,8	10,00	79	4,0	2,6	30 19 11	2.275	20,0	15,2	42,6	32,4
- R ₅ : RHONE - PASSERELLE GIVORS - PRÈS DE LA RIVE DROITE.-														
476	1-22-11	390	0° - 2°	8,1	12,05	88	5,0		13 8 5	1.950	22,0	16,5	47,2	40,2

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
18,4		0,63	4,73	0,12	0,25	0,17	?	?	o	?	?	o	o	o	o		> 5.000	2.250	900
11,8		0,29	3,98	0,06	0,10	0,02	?	?		?	?	o	o	o	o		> 5.000	2.250	1.750
6,3	1,7	0,03	2,80	0,18	0,12	o	o	o	o	?	?	?	o	o	o	o	2.400	250	
8,9	1,7	0,35	3,67	0,12	0,04	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	o	> 3.000	2.000	1.500
13,2	1,7	o	3,01	0,18	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	?	> 10.000	5.000	300
8,1	1,4	0,06	2,34	0,07	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o	o	> 5.000	50	500
11,0	1,7	0,35	1,72	0,06	o	o	o	?	o	o	o	o	o	o	o	o	> 10.000	> 10.000	1.200
14,1	1,2	1,15	0,85	0,12	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o	o	> 10.000	5.000	3.000
24,8	2,5	0,25	1,90	o	0,06	o	o	?	o	?	o	o	o	o	o	o	> 10.000	10.000	4.000
11,3	1,7	o	2,92	0,52	o	o	o	o	o	P ⁽¹⁾	o	o	o	o	o	o	> 10.000	6.000	3.000
19,0	1,7	0,41	2,47	o	0,12	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	o	> 10.000	1.000	3.000
(1) 0,700 mg																			
18,4		0,70	4,16	0,10	0,08	0,12	?	o	o	?	?	o	o	o	o		> 5.000	3.500	1.000

- R₄ : RHONE - PONT NEUF DE VIENNE - SAINTE-COLOMBE.-

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	CI	SO ₄
477	1-12-10	285	2° - 3°	7,9	11,90	91	5,0			1.865	22,2		48,3	38,4
478	2-18-10	520	6°	7,9	9,05	74	3,5	0,2		2.350	22,4	16,5	32,3	35,3
479	3-24-10	2.140	9°	8,0	9,00	81	3,0	1,4	66 49 17	2.950	18,2	16,7	9,3	18,8
480	4-17-11	770	19°-13°	8,0	9,00	88	3,0	3,5	25 9 16	2.610	19,6	16,2	15,6	23,4
481	5-28-10	560	22°-18°	7,8	8,05	88	4,0	0,1	21 15 6	2.440	20,6	15,7	30,2	32,3
482	6-24-8	490	18°-18°	7,9	7,00	76	3,0	2,1	28 8 20	2.975	17,0	12,5	15,6	43,8
483	7-19-9	340	27°-23°	7,7	6,50	75	2,0	0,1	15 3 12	2.780	16,6	11,0	27,7	36,3
484	9-15-12	320	24°-21°	7,3	8,00	90	4,0	0,8	24 10 14	2.650	17,0	11,5	26,3	44,0
485	10-20-11	730	8°-11°	7,8	9,00	81	2,0	1,5	44 27 17	1.985	20,0	14,7	63,1	25,7
486	11-16-11	340	8°-8°	7,9	9,50	82	3,0	0,4	21 9 12	2.400	18,4	14,2	38,7	14,2
487	12-14-15	480	13°-6°	7,8	9,75	77	3,5	1,1	27 15 12	2.350	20,0	15,2	42,2	31,5

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
18,1		0,77	4,28	0,07	0,25	0,12	?	o	o	P	o	o	o	o	o		> 5.000	2.250	1.500
12,9		0,45	3,40	0,09	0,08	0,05	?	?		?	o	o	o	o	o		> 10.000	2.200	100
5,2	1,6	o	3,01	0,09	0,12	o	o	o	o	?	?	o	o	o	o	o	> 2.000	1.500	900
9,1	1,7	0,06	3,28	0,12	0,08	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o		3.000	1.600	600
13,8	1,8	o	3,01	0,15	o	o	o	o	o	P ⁽¹⁾	o	o	o	o	o	o	> 10.000	> 5.000	250
8,7	1,1	0,13	1,42	0,09	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o		> 5.000	50	300
11,5	1,7	0,09	1,77	0,08	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	?	> 10.000	> 6.000	500
12,6	1,1	0,40	1,24	0,12	o	o	o	o	o	P	P ⁽²⁾	o	o	o	o		> 10.000	> 5.000	3.000
24,8	2,5	0,03	1,90	o	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	?	> 8.000	2.000	1.250
12,9	2,1	o	2,12	0,04	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o		> 10.000	6.000	3.000
18,4	1,8	0,49	3,28	o	0,20	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	?	> 10.000	1.200	1.000

(1) 0,700 mg

(2) 3,300 mg

- R₃ : RHONE AU PONT DE SABLONS. -

N°	DATE			T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION			R	TH	TAC	Cl	SO ₄
	M	J	H							T	M	O					
488	1	22	11	2° - 3°	8,0	11,20	86	6,5		23			1.790	22,2	16,5	46,1	47,2
489	2	18	12	7°	8,0	8,65	73	6,0	1,0	22			2.190	22,2	16,5	34,4	42,6
490	3	25	10	10° - 9°	7,9	8,80	80	4,0	2,6	81	55	26	2.860	18,8	16,5	8,2	19,2
491	4	16	22	15° - 13°	8,0	8,80	86	4,0	0,2	9	3	6	2.530	20,8	16,5	16,3	27,6
492	5	28	10	19° - 17°	7,9	6,65	72	4,5	0,8	27	8	19	2.650	19,6	14,7	23,1	59,9
493	6	24	9	18° - 18°	7,8	6,10	66	3,0	0,8	31	10	21	2.850	17,4	12,2	15,6	46,1
494	7	17	18	37° - 23°	7,7	6,75	78	2,0	0,1	21	16	5	2.690	18,0	11,7	27,0	39,5
495	9	10	19	19° - 19°	7,4	8,00	85	4,0	1,4	37	16	21	2.950	17,0	11,5	17,7	57,6
496	10	20	16	12° - 11°	7,9	9,40	85	3,0	1,3	41	26	15	2.060	21,6	14,7	63,8	25,7
497	11	17	17	14° - 10°	7,7	8,50	75	6,0	1,6	30	15	15	2.360	20,0	15,2	29,8	53,0
498	12	14	16	12° - 6°	7,7	9,75	77	4,5	2,4	14	7	7	2.360	21,2	16,5	39,0	36,2

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
19,9		0,99	4,73	0,22	0,25	0,10	?	o	o	P ⁽¹⁾	o	o	o	o	o		> 5.000	3.500	1.250
15,0	2,2	0,77	4,43	0,16	0,06	0,07	?	?	o	P	o	?	o	o	o		> 5.000	2.000	125
5,2	1,3	0,03	2,16	0,07	o	o	o	o	o	?	?	?	o	o	o	?	700	300	3.000
9,1	1,7	1,04	3,28	0,10	0,10	o	o	o	o	?	o	?	o	o	o		> 5.000	> 5.000	1.000
12,9	1,9	o	2,91	0,16	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o	?	> 10.000	> 5.000	1.000
9,6	1,1	o	1,20	0,18	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o		> 5.000	100	250
11,6	1,7	0,32	1,77	0,12	o	o	o	?	o	P ⁽²⁾	o	o	o	o	o	?	> 5.000	400	80
12,9	1,1	1,27	0,66	0,36	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o	?	> 5.000	1.800	320
24,8	2,1	0,10	0,50	o	o	o	o	?	o	?	o	o	o	o	o		> 10.000	2.500	300
16,8	1,7	0,92	4,60	0,84	o	o	o	o	o	P ⁽²⁾	o	o	o	o	o	P	10.000	2.500	300
18,7	1,7	0,29	3,01	o	0,27	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	?	10.000	1.000	400

(1) 0,600 mg

(2) 0,500 mg

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
- R ₂ : RHONE À CHARMES.-														
499	1-22-16	660	2° - 4°	7,9	10,60	83	3,8		10	1.810	24,2	16,5	43,3	59,9
500	2-18-15	760	7°	8,0	8,50	72	3,0	0,5	21	2.190	22,6	16,0	29,1	58,7
501	3-25-17	3.090	10° - 9°	7,9	9,00	80	3,0	1,9	114 85 29	2.950	18,4	15,5	7,5	24,2
502	4-16-20	1.180	15° - 12°	7,9	8,70	84	3,0	0,2	16 3 13	2.610	20,8	15,5	13,1	37,2
503	5-28-12	940	23° - 18°	7,5	7,50	82	4,0	0,4	22 5 17	2.700	19,4	14,5	19,2	53,0
504	6-24-11	870	19° - 18°	7,7	7,20	79	2,0	1,7	11 2 9	2.970	17,4	11,5	14,5	51,8
505	7-17-15	640	37° - 24°	7,2	6,00	71	2,0	0,3	9 3 6	2.645	19,8	11,5	20,6	57,6
506	9- 9-11	660	20° - 18°	7,9	7,00	74	2,0	0,7	12 10 2	2.940	17,6	10,5	15,6	72,5
507	10-20-15	1.050	12° - 10°	7,8	8,80	78	2,0	1,5	25 12 13	2.300	21,4	14,7	41,5	39,5
508	11-20-10	840	9° - 9°	7,7	8,50	73	2,5	0,6	11 4 7	2.060	22,0	15,5	46,1	50,7
509	12-15- 8	700	8° - 6°	7,7	9,50	75	2,5	0,8	17 10 7	2.270	21,4	16,0	35,1	47,0
- R ₂ ^{bis} : RHONE AU POUZIN.-														
510	9- 9-11	640	23° - 18°	7,8	8,00	85	2,0	0,4	18 11 7	2.860	17,6	10,7	14,2	71,0
511	11-20-10	670	9° - 9°	7,6	8,50	73	2,0	0,6	6 4 2	2.110	21,4	14,7	39,4	53,1

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
18,4		0,63	4,28	0,22	0,14	0,12	?	o	o	P ⁽¹⁾	o	o	o	o	o		4.000	1.250	400
13,5	1,9	0,35	3,28	0,12	0,02	0,05	?	?		P ⁽¹⁾	o	?	o	o	o		> 5.000	600	400
5,5	1,2	o	2,05	0,11	o	o	o	o		?	?	?	o	o	o		1.500	1.000	2.500
8,9	1,5	0,10	3,15	0,26	0,10	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o		5.000	1.000	200
10,3	1,5	o	2,34	0,12	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	o	> 5.000	2.000	50
9,0	0,9	o	1,82	0,32	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o		> 5.000	200	50
11,2	1,5	0,16	2,21	0,11	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	?	> 5.000	100	30
9,9	2,3	0,35	1,00	0,09	0,02	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	o	> 10.000	3.000	
16,8	1,6	0,10	1,77	o	0,04	o	o	o	o	P ⁽¹⁾	o	o	o	o	o	?	> 10.000	4.000	750
19,9	2,2	o	2,12	0,13	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o	?	> 5.000	140	180
16,8	1,4	0,29	2,21	o	o	o	o	o	o	?	o	o	o	o	o	?	6.000	320	300
(1) 0,500 mg																			
10,3	1,0	0,32	1,51	0,09	0,02	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o	o	> 10.000	1.000	
18,7	1,9	o	3,01	0,74	o	o	o	o	o	P	o	o	o	o	o	?	2.000	400	190

N°	DATE M J H	DEBIT	T AIR-EAU	pH	O ₂	%	DBO	MnO ₄ K	MATIERES EN SUSPENSION T M O	R	TH	TAC	Cl	SO ₄
- R ₁ : RHONE à VIVIERS - PONT -														
512	2-18-17	760	7°	8,0	9,05	77	3,0	0,2	25	2.360			9,6	
513	4-16-16	1.240	22°-14°	7,8	8,80	88	3,0	0,2	26 13 13	2.610	21,0	16,0	12,4	34,3
514	9- 9-16	630	24°-19°	8,0	7,50	80	2,5	0,7	47 24 23	2.590	19,6	12,5	14,2	70,6
515	11-20-15	670	12°-10°	7,7	9,25	82	2,0	1,0	21 10 11	2.320	21,0	14,5	22,7	62,2
- R ₁ ^{bis} : RHONE à PONT-SAINT-ESPRIT.-														
516	9- 9-17	30	25°-20°	8,3	10,00	108	2,0	0,4	39 20 19	3.490	16,8	13,0	9,9	81,1

Na	K	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	Pb	Se	F	Zn	As	Cr	Cy	Ph	DET.	COLIF.	E. COLI	S. F.
																	5.000	150	260
7,6	1,8	0,70	3,54	0,12	0,06	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0		3.000	50	20
9,9	1,0	0,16	1,19	0,06	0,02	0	0	0	0	P	0	0	0	0	0	?	4.000	400	50
13,8	1,7	0	3,28	0,14	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	?	3.600	200	40
7,2	0,9	0	0,93	0,04	0,02	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	P	600	110	10

LISTE DES ABREVIATIONS EMPLOYEES DANS LES TABLEAUX

N°.....	Numéro des analyses effectuées.
DATE.....	M = Mois ; J = Jour ; H = Heure.
DEBIT.....	exprimé en mètres cube/seconde.
T.....	Température de l'air et de l'eau exprimée en degrés centigrades.
pH.....	exprimé en unité de pH à la température de 20°.
O ₂	Taux d'oxygène dissous dans l'eau exprimé en milligramme par litre.
%.....	Pourcentage d'oxygène dissous par rapport au taux d'oxygène d'une eau saturée en O ₂ pour la température de cette eau.
DBO.....	Demande biochimique en oxygène, en 5 jours, exprimée en milligramme par litre.
MnO ₄ K.....	Oxydabilité au permanganate de potasse N/80 à froid, en 4 heures, exprimé en milligramme par litre d'oxygène consommé par les matières organiques.
MATIERES EN SUSPENSION.....	T = Totales ; M = Minérales ; O = Organiques.
R.....	Résistivité exprimée en ohm-cm/cm ₂ .
TH.....	Dureté totale exprimée en degrés français, correspondant à la somme des concentrations calcique et magnésienne.
TAC.....	Titre alcalimétrique complet exprimé en degrés français, correspondant à la somme des alcalinités carbonatée et bicarbonatée.
Cl ⁻	Teneur en milligramme de l'ion Cl ⁻ des chlorures dans un litre d'eau.
SO ₄	Teneur en milligramme de l'ion SO ₄ ⁻ des sulfates dans un litre d'eau.
Na.....	Teneur en milligramme de l'ion Na ⁺ (sodium) dans un litre d'eau.
K.....	Teneur en milligramme de l'ion K ⁺ (potassium) dans un litre d'eau.
NH ₄	Teneur en milligramme de l'ion NH ₄ ⁺ (ammonium) dans un litre d'eau.
NO ₃	Teneur en milligramme de l'ion NO ₃ ⁻ (nitrique) dans un litre d'eau.
NO ₂	Teneur en milligramme de l'ion NO ₂ ⁻ (nitreux) dans un litre d'eau.
COLIF.....	Coliformes : c'est-à-dire le nombre de colonies obtenues par la méthode des membranes filtrantes, et cultivées sur milieu de Chapman modifié par Buttiaux = milieu au T.T.C. (chlorure de 2-3-5-triphényltétrazolum), les coliformes ne réduisant pas cette solution ; sans recherche d'identification précise.
E. COLI.....	Escherichia coli.
S. F.....	Streptocoque fécal.

RECHERCHE ET DOSAGE DES SUBSTANCES TOXIQUES OU INDESIRABLES

(ELEMENTS RETENUS	(ABREVIATIONS PORTEES DANS LES TABLEAUX	(SEUIL DE DETERMINATION ANALYTIQUE PRECISE (en mg/l)	(TOLERANCE LEGALE (en mg/l)
(Plomb.....	(Pb	(0,010	(0,100
(Selenium.....	(Se	(0,005	(0,050
(Fluorures.....	(Fe	(0,200	(1
(Arsenic.....	(As	(0,010	(0,050
(Chrome hexavalent.....	(Cr	(0,010	(absence
(Cyanures.....	(Cy	(0,010	(absence
(Cuivre.....	(Cu	(0,050	(1
(Fer.....	(Fe	(0,040	(0,200
(Manganèse.....	(Mn	(0,050	(0,100
(Zinc.....	(Zn	(0,500	(5
(Composés phénoliques.....	(Ph	(0,010	(absence
(Détergents.....	(DET.	(0,200	(0,500

- SIGNES RETENUS :

- ? inférieur au seuil de détermination analytique précise, donc réaction douteuse.
P entre le seuil de détermination analytique précise et le seuil de tolérance légale.
+ supérieur au seuil de tolérance légale.

APPENDICE "B"

TABEAU DE CLASSIFICATION DES MILIEUX RECEPTEURS PROPOSE PAR L. COIN

Ce tableau a été repris dans le rapport au Sénat de M. LALLOY au nom de la Commission spéciale.

N. B. - Ce tableau publié au Journal Officiel a été modifié selon les indications du Docteur L. COIN. La phrase "à la dose minima mortelle", s'appliquant aux déversements, a été remplacée par la phrase "à la dilution limite acceptable", qui s'applique au milieu récepteur.

	C L A S S E I		C L A S S E I I	
	ZONE OU LA POLLUTION EST FAIBLE SI POSSIBLE NULLE		ZONE OU LA POLLUTION N'EST PAS IMPORTANTE	
CLASSIFICATION DES MILIEUX RECEPTEURS SELON LEUR DESTINATION ET QUALITE DES EAUX CORRESPONDANTE	1- Apte sans difficulté à la production d'eau destinée à l'alimentation humaine et à l'abreuvement des animaux.		1- Apte avec certaines difficultés à la production d'eau destinée à l'alimentation humaine et à l'abreuvement des animaux.	
	2- Apte sans difficulté aux divertissements, aux bassins et piscines, aux baignades en eau vive.		2- Apte avec certaines difficultés aux divertissements, aux bassins et piscines, aux baignades en eau vive.	
	3- Apte sans difficulté à l'exercice de la pêche, milieu à salmonidés dominants.		3- Apte sans difficulté à l'exercice de la pêche, milieu à cyprinidés dominants.	
	4- Apte à l'ostréiculture, naissins et parcs.		4- Apte à l'ostréiculture, naissins seulement.	
	5- Apte aux usages agricoles et industriels dans la limite où les effluents qui résulteraient éventuellement de ceux-ci pourraient après ou sans traitement satisfaire aux normes sanitaires ci-dessous.		5- Apte aux usages agricoles et industriels dans la limite où les effluents qui résulteraient éventuellement de ceux-ci pourraient après ou sans traitement satisfaire aux normes sanitaires ci-dessous.	
NORMES DE QUALITE DES MILIEUX RECEPTEURS ELEMENTS DETERMINANTS	A LA PRISE D'EAU	EN DEHORS DE LA PRISE D'EAU	A LA PRISE D'EAU	EN DEHORS DE LA PRISE D'EAU
	Température.....	inf. à 20°	inf. à 22°	inférieure à 22°
	pH.....	5,5 à 8,5	5,5 à 8,5	5,5 à 8,5 (6,0 à 9,0 localement)
	Saturation en oxygène.....	100 %	90 % (tolérance 70 % un mois par an, sans que le taux minimum d'oxygène soit inférieur à 7 mg/l)	80 % (tolérance 60 % un mois par an, sans que le taux minimum d'oxygène soit inférieur à 5 mg/l)
	Demande biochimique en oxygène DBO ₅ ...	1 à 3 mg/l		3 à 5 mg/l
	Eléments toxiques ou indésirables...	- Concentration inférieure aux limites fixées par le Ministère de la Santé Publique pour les eaux d'alimentation. - Absence de composés cycliques hydroxylés et de leurs composés halogénés. - Concentration inférieure à la dilution, limite acceptable pour tout salmonidé.	- Concentration inférieure aux limites fixées par le Ministère de la Santé Publique pour les eaux d'alimentation. - Absence de composés cycliques hydroxylés et de leurs composés halogénés. - Concentration inférieure à la dilution, limite acceptable pour tout cyprinidé d'eau courante.	
	Tests biologiques.	Truites		Vairon
	Système des saprobies.....	Oligosaprobie		Mésosaprobie
	M.P.N. Nombre le plus probable de coliformes acceptables.....	50 à 100 par 100 ml		100 à 1.000 par 100 ml

CLASSE III	CLASSE IV
ZONE OU LA POLLUTION EST IMPORTANTE RELEVANT DEJA DANS CERTAINS CAS DE L'ORGANISATION DE BASSIN	ZONE OU LA POLLUTION EST TRES IMPOR- TANTE MAIS NON ABSOLUE, RELEVANT DE L'ORGANISATION DE BASSIN
1- Apte avec difficultés à la produc- tion d'eau destinée à l'alimenta- tion humaine et à l'abreuvement des animaux.	1- Impropre à la production d'eau destinée à l'alimentation humaine et à l'abreuvement des animaux.
2- Apte avec difficultés aux bassins, piscines et divertissements. Inapte aux baignades en eau vive.	2- Impropre aux divertissements, bas- sins, piscines et baignades.
3- Apte à l'exercice de la pêche milieux à cyprinidés.	3- Milieux où la vie aquatique est précaire bien que possible.
4- Inapte à l'ostréiculture.	4- Inapte à l'ostréiculture.
5- Apte aux usages agricoles et in- dustriels dans la limite où les effluents qui résulteraient éven- tuellement de ceux-ci pourraient après ou sans traitement satis- faire aux normes sanitaires ci- dessous.	5- Apte aux usages agricoles et in- dustriels dans la limite où les effluents qui résulteraient éven- tuellement de ceux-ci pourraient après ou sans traitement satis- faire aux normes sanitaires ci- dessous.
inférieure à 25°	inférieure à 27°
6,5 à 8,5 (6,0 à 9,0 localement)	6,5 à 8,5 (5,5 à 9,5 localement)
70 % (tolérance 50 % un mois par an sans que le taux minimum d'oxygène soit inférieur à 4 mg/l)	50 % (tolérance 40 % un mois par an sans que le taux minimum d'oxygène soit inférieur à 3 mg/l)
5 à 7 mg/l	inférieure à 20 mg/l
- Absence de composés cycliques hy- droxylés et de leurs composés halo- génés.	- Concentration inférieure à la dilu- tion, limite acceptable pour les cyprinidés d'eau courante.
- Concentration inférieure à la dilu- tion, limite acceptable pour les cyprinidés d'eau courante.	- Concentration inférieure à la dilu- tion, limite acceptable pour les cyprinidés d'eau stagnante.
Vairon	-
Mésosaprobe	Polysaprobe
-	-

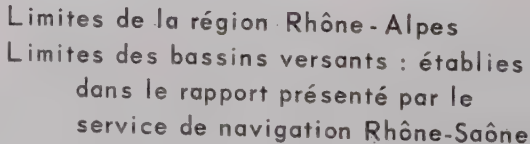
ELEMENTS DETERMINANTS POUVANT DONNER LIEU A DEROGATION LIMITE DANS LE TEMPS	CLASSE I	CLASSE II
	ZONE OU LA POLLUTION EST FAIBLE SI POSSIBLE NULLE	ZONE OU LA POLLUTION N'EST PAS IMPORTANTE
	Matières en suspension.....	inférieures à 25 mg/l en dehors des crues ou des manœuvres de barrages
	Salinité rapportée aux chlorures..... (en Cl)	250 mg/l (Norme O.M.S. - internationale)
	Conductivité.....	900
	Résistivité	1.300
	Capacité d'absorp- tion du sodium..... (C.A.S.)	5,8

: C L A S S E I I I	: C L A S S E I V	)
: ZONE OU LA POLLUTION EST IMPORTANTE	: ZONE OU LA POLLUTION EST TRES IMPOR-	)
: RELEVANT DEJA DANS CERTAINS CAS	: TANTE MAIS NON ABSOLUE,	)
: DE L'ORGANISATION DE BASSIN	: RELEVANT DE L'ORGANISATION DE BASSIN	)
:	:	)
: inférieures à 75 mg/l	: inférieures à 300 mg/l	)
: en dehors des crues	: en dehors des crues	)
: ou des manœuvres de barrages	: ou des manœuvres de barrages	)
:	:	)
: 350 mg/l	: 350 mg/l	)
: (Norme O.M.S. - européenne)	: (Norme O.M.S. - européenne)	)
:	:	)
: < 1.000	: < 1.100	)
: > 1.000	: > 900	)
:	:	)
: < 5,6	: < 5,6	)
:	:	)

APPENDICE "C"

CARTES DES BASSINS VERSANTS
ET DES
POINTS DE PRELEVEMENT

DE COORDINATION RHONE II



POINTS DE PRELEVEMENT

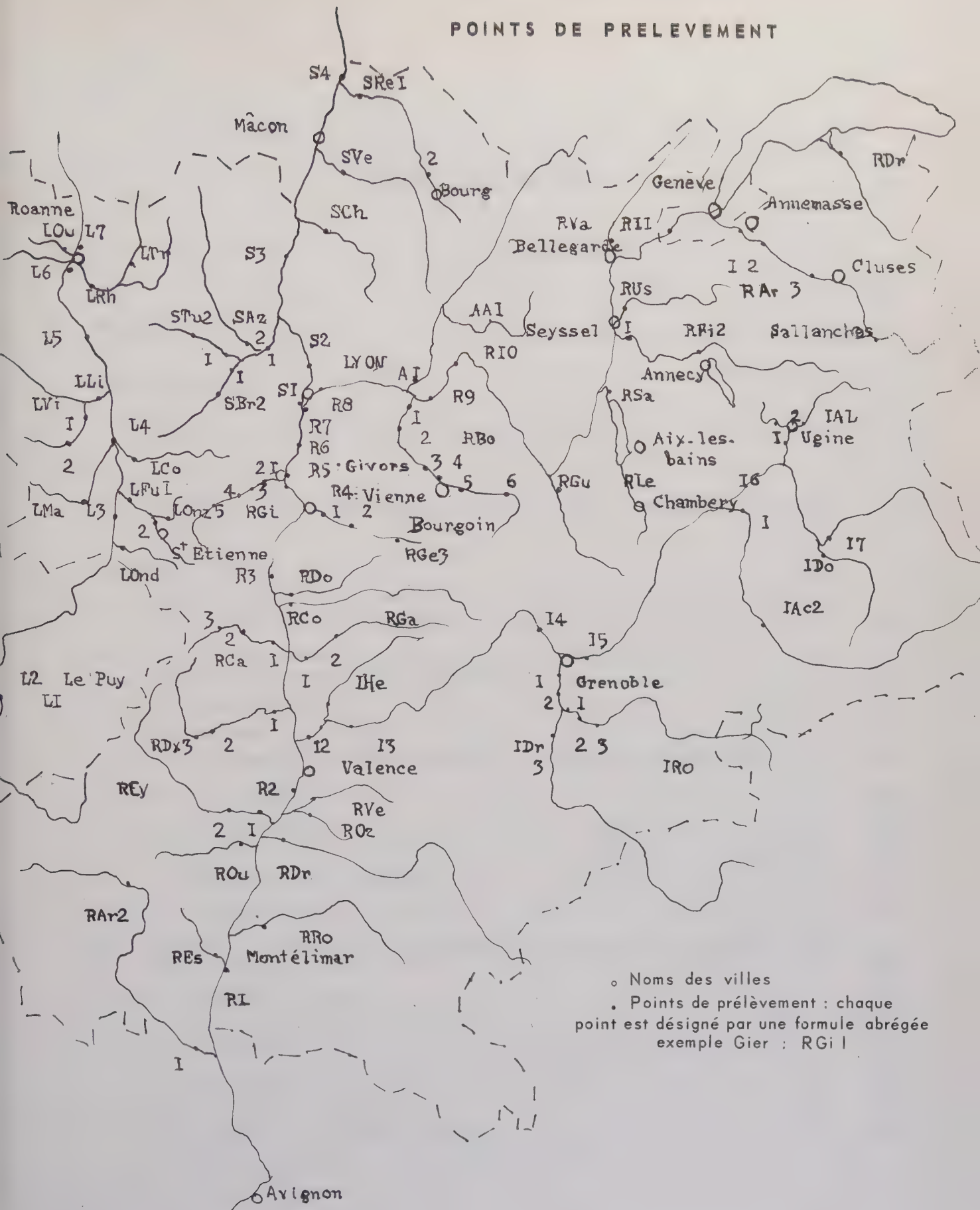


TABLE DES MATIERES

Pages

INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE.	
<i>Etude des critères exprimant la qualité des eaux de rivières et conduite générale de notre expérimentation.....</i>	3
PREMIER CHAPITRE :	
Critères décrits dans les textes officiels et documents bibliographiques.....	5
DEUXIÈME CHAPITRE :	
Critères retenus dans notre étude et permettant de mettre en évidence les caractères physiques et chimiques des cours d'eau.....	13
I. Critères décelant le pouvoir d'oxygénation d'une rivière et l'importance d'une pollution organique.....	14
1° - Oxygène dissous.....	14
2° - Demande Biochimique d'Oxygène.....	27
3° - Oxydabilité au permanganate de potassium, en 4 heures.....	41
II. Critères physiques.....	43
1° - Température.....	43
2° - pH.....	43
3° - Matières en suspension.....	43
4° - Résistivité.....	44
III. Critères chimiques, correspondant à des éléments normalement présents dans les cours d'eau.....	46
1° - Dureté de l'eau.....	47
2° - Titre alcalimétrique complet.....	48
3° - Chlorures.....	49
4° - Sulfates.....	50
5° - Sodium et potassium.....	51
6° - Nitrates, nitrites, ammonium.....	52

IV. Critères chimiques, correspondant à des éléments rarement rencontrés dans les cours d'eau (éléments considérés comme indésirables ou toxiques par la législation des eaux de boisson).....	55
1° - Eléments indésirables : fer, manganèse, cuivre, zinc, composés phénoliques.....	56
2° - Eléments toxiques : selenium, fluor, arsenic, chrome, cyanures	60
3° - Eléments assimilés aux éléments indésirables ou toxiques : chlore libre, hydrogène sulfuré, détergents anioniques.....	65
V. Critères bactériologiques.....	68
VI. Conclusions.....	70
TROISIÈME CHAPITRE :	
Critères non retenus dans ce travail mais présentant un intérêt dans l'étude de la pollution des rivières.....	71
I. Critères se rapportant à la pollution générale, principalement organique.....	71
1° - Méthodes de détermination des matières organiques par oxydation chimique (oxydabilité par le permanganate en 3 minutes, demande chimique d'oxygène, oxydabilité par l'hypochlorite).....	71
2° - Méthode de détermination globale des composés réducteurs (test au bleu de méthylène).....	72
3° - Méthode de détermination des substances organiques par absorption sur charbon actif et extraction chloroformique.....	73
4° - Méthode de détermination des composés azotés.....	73
5° - Méthode de détermination des matières décantables.....	74
II. Critères se rapportant à des pollutions par des substances particulières.....	74
1° - Eléments minéraux non toxiques : phosphates, silice, gaz carbonique libre dissous.....	74
2° - Eléments minéraux toxiques : cadmium, nickel, mercure, bore.	75
3° - Eléments divers : insecticides, hydrocarbures.....	75
III. Critères biologiques.....	75
QUATRIÈME CHAPITRE :	
Mode de prélèvement et d'exécution des analyses.....	77

DEUXIEME PARTIE.

<i>Etude analytique de nos résultats, comparaison de la pollution réelle des rivières à la pollution prévue à partir de données statistiques.....</i>	83
---	----

PREMIER CHAPITRE :

Estimation théorique de la pollution dans un territoire donné (pollution actuelle, pollution à venir, influence théorique sur la pollution des cours d'eau).....	85
--	----

DEUXIÈME CHAPITRE :

Etude analytique des différents cours d'eau de la région Rhône-Alpes ⁽¹⁾	93
1 ^{ère} section : la Loire et ses affluents.....	93
2 ^{ème} section : les affluents du Rhône en amont de Lyon.....	124
3 ^{ème} section : la Saône et ses affluents.....	154
4 ^{ème} section : les affluents du Rhône en aval de Lyon, rive droite	171
5 ^{ème} section : les affluents du Rhône en aval de Lyon, rive gauche	188
6 ^{ème} section : l'Isère et ses affluents.....	199
7 ^{ème} section : le Rhône :	
- en amont de l'agglomération lyonnaise.....	221
- dans la traversée de l'agglomération lyonnaise	225
- en aval de l'agglomération lyonnaise.....	230
- dans le sud de la région Rhône-Alpes.....	235

TROISIÈME CHAPITRE :

Etude synthétique de nos observations, comparaison des résultats de notre enquête avec les estimations théoriques :	
A) - du Rapport du Service de Navigation Rhône-Saône.....	246
B) - de l'Atlas de la pollution.....	258

TROISIEME PARTIE.

<i>Etude des méthodes d'enquête sur la pollution des cours d'eau..</i>	265
--	-----

PREMIER CHAPITRE :

Analyse de quelques plans d'étude de rivière.....	267
1° - Etudes par prélèvements espacés et renouvelés d'un échantillon unique au centre de la rivière.....	267

(1) - Les pages correspondant à l'étude des divers affluents des rivières principales de la région Rhône-Alpes sont indiquées dans la liste alphabétique des rivières étudiées, p. 299.

	<i>Pages</i>
2° - Etudes par prélèvements multiples dans une "coupe" de rivière	277
3° - Etudes tenant compte de la vitesse de déplacement du courant.	280
DEUXIÈME CHAPITRE.	
Choix du procédé selon le but recherché.....	289
A) - Etude générale de la qualité d'un cours d'eau.....	289
B) - Etude de l'influence d'une pollution particulière.....	290
C) - Etudes diverses et conclusions.....	291
CONCLUSION.....	293
BIBLIOGRAPHIE.....	295
LISTE DES RIVIERES ETUDIEES.....	299
APPENDICES.	
"A" : Tableaux récapitulatifs des résultats.	
"B" : Tableau de classification des milieux récepteurs, proposé par L. COIN.	
"C" : Cartes des rivières étudiées, des points de prélèvement et des limites des "bassins versants" du Rapport du Service de Navigation Rhône-Saône.	

ADDENDA

Certains débits nous ont été communiqués après l'impression de ce travail.

Loire à Montrond :

Analyse 15.....	50 m ³ /s.
" 18.....	2,5 m ³ /s.
" 19.....	12 m ³ /s.
" 20.....	9,2 m ³ /s.
" 21.....	9 m ³ /s.
" 22.....	11 m ³ /s.

Ain à Chazey (débits moyens journaliers) :

Analyse 156.....	27,6 m ³ /s.
" 157.....	35 m ³ /s.
" 158.....	35 m ³ /s.
" 159.....	5,5 m ³ /s.
" 160.....	95 m ³ /s.

Albarine à Pont-Quint-Denis (débits moyens journaliers) :

Analyse 165.....	1,28 m ³ /s.
" 166.....	0,60 m ³ /s.
" 168.....	1,35 m ³ /s.

Saône au pont La Feuillée :

22/1/1964.....	23 m ³ /s.
16/2/1964.....	298 m ³ /s.
24/3/1964.....	1.102 m ³ /s.
17/4/1964.....	326 m ³ /s.
26/4/1964.....	50 m ³ /s.
27/5/1964.....	215 m ³ /s.
26/6/1964.....	50 m ³ /s.
19/7/1964.....	112 m ³ /s.
8/9/1964.....	92 m ³ /s.
20/10/1964.....	177 m ³ /s.
16/11/1964.....	66 m ³ /s.
15/12/1964.....	207 m ³ /s.

ERRATA

1° - Erreurs principales pouvant altérer le sens du texte.

Page	ligne	au lieu de :	lire :
8	15	dépassant 2 ^{mg} . par litre	dépassant 2 g. par litre
21	19	2,5 %	7,5 %
37	50	compris entre 30 et 60 %	compris entre 40 et 60 %
44	22-23	en suspension organiques et les matières en suspension minérales (T M O)	en suspension minérales et les matières en suspension organiques (T M O)
46	15	est la masse de cation	est la masse de cet ion
67	7	0,500 à 1 mg	0,500 à 1 mg par litre
69	12	d'oxygène n'est	d'oxydase n'est
90	5	$q \times 1.000 \times 86.000$	$q \times 1.000 \times 86.400$
90	38	les 30 % de la pollution	les 33 % de la pollution
100	2	ce taux s'élève	ce taux s'abaisse
101	16	divers, de houilles insolubles	divers, d'huiles insolubles
115	28	variations du débit de la Loire	variations, du débit de la Loire
117	3	une D.B.O. de 110 m3/seconde	une D.B.O. de 110 mg/litre
117	15	dans les effluents torrentiels	dans les affluents torrentiels
128	38	2,4 la D.B.O. théorique	4,1 la D.B.O. théorique
138	37	en aval du lac	en amont du lac
142	23-24	sur la Bourbre : les points de pollution sur cette rivière où ses effluents sont nombreux	sur la Bourbre : les points de pollution, sur cette rivière où ses affluents, sont nombreux
143	14	d'aval en amont	d'amont en aval
143	17	En aval de la Tour-du-Pin	En amont de la Tour-du-Pin
150	32	donner lieu à des interprétations	donner lieu qu'à des interprétations
175	37 à 39	en aval de Givors, alors qu'en aval de Saint-Chamond que les matières minérales. En aval de Rive-de-Gier	en aval de Givors. Alors qu'en aval de Saint- Chamond que les matières minérales, en aval de Rive-de-Gier
198	15	(52 mg, analyse 355 et 360 ; analyse n° 353)	52 mg, analyse n° 355, et 60 mg, analyse n° 353
207	21	forte : 35 mg/l	forte : 16,8 mg/l
216	39	1.660 à 1.870 ohm/cm	1.870 à 2.660 ohms/cm
217	1	12,8 à 17,5 mg/l	7,5 à 12,7 mg/l
221	34	réelle de 2,8 mg/l	réelle de 3,1 mg/l
222	45	id.	id.
223	18	passer de 131 à 2.864	passer de 115 à 2.840
227	2 & 28	est de 2,8	est de 3,1
229	7	tableau n° 33	tableau n° 35
230	22	polluante de 2.279	polluante de 2.303
230	26	cette zone (1.654)	cette zone (1.606)
231	30	1.654 milliers sur 2.279	1.606 milliers sur 2.303
239	20 (3e	colonne verticale) : 3,2	3,1
249	36	théoriquement de 35 mg/l	théoriquement de 16,6 mg/l
252	16	D.B.O. de 7 mg/l	D.B.O. de 6,6 mg/l
263	20	Loire à Andrézieux et, dans l'aval	Loire à Andrézieux et dans l'aval

**2° - Erreurs moins importantes, ne dénaturant pas le sens du texte,
ou rectifiables spontanément**

<i>Page</i>	<i>ligne</i>	<i>au lieu de :</i>	<i>lire :</i>
5	4	R. COLAS (21)	R. COLAS (7)
6	10	d'applications	d'application
8	4 à 14	Après la désignation de l'élément, supprimer la Plomb (Pb)	parenthèse. Par exemple : Plomb
8	16	de préférence, ne pas contenir	de préférence, pas contenir
9	8	(D.B.O.51	(D.B.O.5)
10	10	naturelles ⁵ , au maximum (60 mg/l)	naturelles (au maximum 60 mg/l)
10	12	à 20° maxima (4 mg/l)	à 20° (maximum 4 mg/l)
10	15	"Eau et Industrie"	"Eaux et Industries"
11	11	d'un Lander à l'autre	d'un Land à l'autre
14	31	surtout de l'eau	surtout celle de l'eau
14	36	réaération	aération
15	4	id.	id.
18	12	après "exprimées en % d'oxygène dissous", ajouter "par rapport au taux de saturation"	
27	37	dans "En pratique, donc au laboratoire", supprimer "donc"	
33	12	de 36 heures ; de 48 heures	de 36 heures, de 48 heures
37	44	est plus nombreux	est plus grand
46	6	venons de voir	venons de le voir
46	22	très employées	très employés
46	31	analyses, n'interviennent pas	analyses, interviennent
55	15	à la ionisation	à l'ionisation
57	35	dicthyldithiocarbamate	diéthylldithiocarbamate
62	39	Aussi, avons-nous	Aussi, n'avons-nous
68	9	après avoir été soumises	après les avoir soumises
61	31	diamidobenzidine	diaminobenzidine
74	34	poisson	poissons
76	17	lingusaires	infusoires
83	9	groupés en section	groupés en sections
85	12	L'atlas de la pollution	L'Atlas de la pollution (33)
87	2	id.	id.
89	48	sera étale	sera égalé
90	30	dans "d'égout. Mais, dans ces cours d'eau", supprimer "Mais", et poursuivre : "Dans ces cours d'eau..."	
95	22	(appendice B)	(appendice C)
96	8	minime d'oxygène	minimum d'oxygène
96	17	par les produits industriels	par les effluents industriels
97	1	après "plus de 3.500", ajouter ohms/cm	
99	29	rivière cristalline	rivière d'origine cristalline
101	3	40 kms de long	40 km de long
101	31	C) INDICE DE POLLUTION	C) INDICES DE POLLUTION
105	11	a moins diminuée	a moins diminué
107	20	en chlorures de sodium	en chlorure de sodium
107	30	être complète pour	être complétée pour
108	7	Onzon	Auzon
108	1 & suiv.	VIZERY	VIZEZY
110	10	(aciéries) de Saint-Symphorien	(aciéries) à Saint-Symphorien

Page	ligne	au lieu de :	lire :
114	2	Loire de cette ville	Loire dans cette ville
115	10	jamais inférieure à 3 mg et, 6 fois, elle dépasse ce chiffre	6 fois elle dépasse le chiffre de 3 mg
117	11	et entraîne une	et d'entraîner une
118	4	n'a jamais excédée	n'a jamais excédé
121	20	la moyenne des 6	les moyennes des 6
121	26	dans "On voit toujours apparaître", supprimer	"toujours"
121	43	région doit encore	région devait encore
122	15	à priori aberrants, constatés	à priori aberrants, sont constatés
122	16	à Commelle, très faible	à Commelle, la très faible
123	2	peu minéralisée	peu minéralisé
128	19	déversée dans l'Arve	déversés dans l'Arve
133	27	16,5 milliers	15,5 milliers
133	29	une D.B.O. de 19,5 mg/l	une D.B.O. de 18 mg/l
138	40	pont de Chanay	pont de Chanaz
141	13	effectués dans le Guier lui-même	effectués de la rive gauche du Guier
142	37	de ce travail. Six...	de ce travail. Les six...
154	11	de la Busse	de la Bresse
156	7	Arbresle ; malgré la ...	Arbresle, malgré la ...
158	26	en juin 1963	en juin 1964
162	33	dans ce cas modéré.	dans ce cas, modérée.
166	12	dans "Saône examinée normalement à ce ...", supprimer	"normalement"
171	11	l'Escoutay	l'Escoutay
173	6	sillon que relie	sillon qui relie
173	24	nous a chargée	nous a chargés
179	10	mais inclu dans	mais inclus dans
202	16	limigraphe	limnigraphe
204	6	atteignait 42.000 habitants	atteignait 43.000 habitants
204	34	dépasse 4 mg/l, 8 mg/l...	dépasse 4 mg/l : 8 mg/l ...
207	14	après "aucune augmentation", ajouter	"notable"
213	8	supérieures à ce taux	supérieures au taux
214	5	débits d'étiage aient été	débits d'étiage étaient
219	15	après "par A. LEGER", ajouter "(43)"	
221	7	bassins versants 1, 2, 5, 6,	bassins versants 1, 3, 5, 6,
221	10	bassins de rivières individualisées	bassins de rivières individualisés
227	19	dans "presque presque constant", supprimer un des deux	"presque"
227	23	après "montrées semblables", ajouter "(n° 465 et 476)"	
227	24	après "M. CHAMBON", ajouter "(38)"	
227	31	du milligramme	du 1/2 milligramme
227	37	entre 2 mg/l et 5 mg/l	entre 1 mg/l et 5 mg/l
228	34	qu'il n'y avait de	qu'il n'y a de
229	17	en chlorures de sodium	en chlorure de sodium
229	22	explique le débit	explique un débit
232	21	dans le Rhône de pollution	dans le Rhône des pollutions
233	2	en entraînant la réserve	en entamant la réserve
234	6	il égale ou dépasse 2 fois	il égala ou dépassa 2 fois
236	17	de qualités médiocres	de qualité médiocre
236	26	toujours notables : elles ne ...	toujours notables ; elles ne ...
246	33	hygiénistes et ingénieur	hygiénistes et ingénieurs

<i>Page</i>	<i>ligne</i>	<i>au lieu de :</i>	<i>lire :</i>
250	5	D.B.O. de 19,5 mg/l	D.B.O. de 18 mg/l
250	40	bourguignonne ou franche-comtoise	bourguignonne ou franc-comtoise
260	6	après "diverses origines", ajouter "se trouve	dans quelques rivières : "
262	47	poissons in mangeables	poissons immangeables
263	11	des points de détail des secteurs	des points de détail, des secteurs
268	33	oxygène cédé, par le permanganate	oxygène cédé par le permanganate
274	33	concordant à la	concordant avec la
276	27	ne joue qu'un rôle	ne jouent qu'un rôle
291	40	peut être relevée	peut être formulée
295 (réf. 7)		éd. P.L.I.F.	éd. P.U.F.
296 (réf. 29)		ajouter "éd. Dunod, Paris".	
297 (réf. 36)		Estratto da	Igiene Moderna 1964, 57, (n° 3-4), p. 155.
297 (réf. 37)		Estratto da	Igiene Moderna 1964, 57, (n° 5-6), p. 289.
297 (réf. 44)		ajouter "L'inquinamento delle acque del Tevere e la loro capacità di autodepurazione - 1956, 26, p. 1472.	

3° - Erreurs répétées fréquemment -

<i>au lieu de :</i>	<i>lire :</i>
escherichia coli	Escherichia coli
x... ohm/cm	x... ohms/cm

ERRATA DES APPENDICES

<i>Page</i>	<i>analyse</i>	<i>au lieu de :</i>	<i>lire :</i>
A31	154	3-9-14	9-3-14
A33	163	3-9-16	9-3-16
A39	198	4-25-15	4-26-15
A41	216	8-9-12	9-8-12
A57	300	11-16-19	4-16-19
A77	391	4-18-11	4-14-11
A93	477	1-12-10	1-22-10

